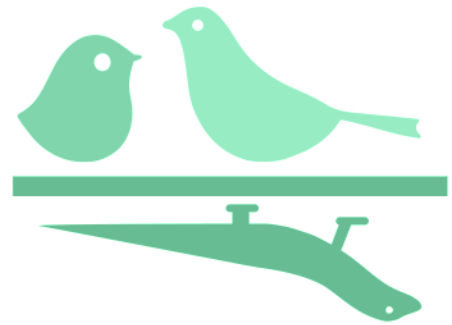


PLA  
CLIMA



ESTUDI DELS IMPACTES DEL CANVI CLIMÀTIC A BARCELONA



CAPÍTOL V

# BIODIVERSITAT

BR

BARCELONA  
REGIONAL  
AGÈNCIA  
DESENVOLUPAMENT  
URBÀ

Ajuntament de  
**Barcelona**



CLIENT

---



REDACCIÓ

---



BARCELONA  
REGIONAL  
AGÈNCIA  
DESENVOLUPAMENT  
URBÀ

CARRER 60, 25-27.  
EDIFICI Z, PLANTA 2  
SECTOR A, ZONA FRANCA  
08040 BARCELONA  
T 932 237 400  
F 932 237 414

[www.bcnregional.com](http://www.bcnregional.com)  
[br@bcnregional.com](mailto:br@bcnregional.com)

COORDINACIÓ

---

Marc Montlleó, *Director tècnic*

COL·LABORACIÓ

---

Jacob Cirera, *Ambientòleg*

Héctor Grau, *Geògraf i tècnic GIS*

Pere Alzina, *Biòleg i Màster en Enginyeria i Gestió Ambiental*

Albert Carbonell, *Biòleg i tècnic de GIS*

Laura Vergoñós, *Ambientòloga i tècnica GIS*

Tomàs Montalvo, *Responsable de la vigilància i control d'aus urbanes a l'Agència de Salut Pública de Barcelona*

Marga Parés, *Àrea de Medi Ambient de l'Ajuntament de Barcelona*

Octavi Borruel, *Àrea de Medi Ambient de l'Ajuntament de Barcelona*

Coloma Rull, *Àrea de Medi Ambient de l'Ajuntament de Barcelona*

i l'equip tècnic i administratiu de Barcelona Regional

DIRECCIÓ PER PART DE L'AJUNTAMENT DE BARCELONA

---

Irma Ventayol i Ceferino, *Coordinadora de l'Oficina de Sostenibilitat*

Ares Gabàs Masip, *Responsable de Resiliència Urbana*

L' EQUIP TÈCNIC:

Benjamí Gauchía Legal

Antoni González Gómez

Patricia Lacera Martínez

© 2017, BARCELONA REGIONAL

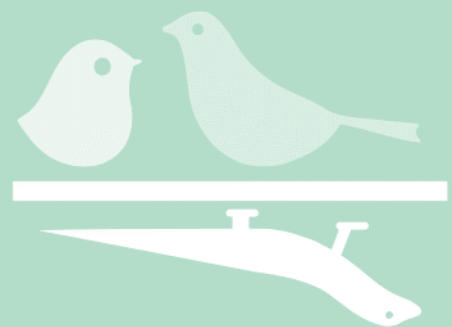


# ÍNDEX

<b>1. PRESENTACIÓ .....</b>	<b>5</b>
<b>2. ANÀLISI I DIAGNOSI .....</b>	<b>9</b>
2.1. LA BIODIVERSITAT A BARCELONA .....	11
2.1.1. HÀBITATS I VEGETACIÓ .....	11
2.1.2. FAUNA .....	20
2.1.3. FUNCIONALITAT ECOLÒGICA I SERVEIS ECOSISTÈMICS .....	31
2.2. DINÀMIQUES ECOPAISATGÍSTIQUES A BARCELONA 1956-2009 .....	42
2.2.1. EVOLUCIÓ DELS USOS DEL SÒL 1956/2000/2009 .....	43
2.2.2. PRINCIPALS PROCESSOS I DINÀMIQUES TERRITORIALS .....	52
2.2.3. ANÀLISI DE L'ÍNDEX NDVI EN DIFERENTS ESPAIS VERDS DE LA CIUTAT .....	57
2.2.4. INCIDÈNCIA DEL CANVI CLIMÀTIC EN LES DINÀMIQUES DELS 50 DARRERS ANYS. EL DEUTE ECOLÒGIC .....	65
2.3. PRINCIPALS EFECTES DEL CANVI CLIMÀTIC SOBRE LA BIODIVERSITAT A LA PENÍNSULA IBÈRICA I LA CONCA DEL MEDITERRANI .....	68
2.3.1. ESCENARIS CLIMÀTICS UTILITZATS .....	68
2.3.2. IMPACTES SOBRE LA VEGETACIÓ .....	69
2.3.3. IMPACTES SOBRE LA FAUNA .....	71
2.3.4. IMPACTES SOBRE LES FUNCIONS ECOLÒGIQUES I ELS SERVEIS ECOSISTÈMICS .....	74
2.3.5. EL DEUTE ECOLÒGIC I EL DEUTE D'EXTINCIÓ .....	78
2.4. POSSIBLES EFECTES FUTURS DEL CANVI CLIMÀTIC A LA BIODIVERSITAT DE BARCELONA .....	80
2.4.1. VULNERABILITAT DE LA VEGETACIÓ .....	80
2.4.2. VULNERABILITAT DE LES ZONES HUMIDES DE LA CIUTAT .....	91
2.4.3. VULNERABILITAT DE LA FAUNA MÉS SENSIBLE .....	91
2.4.4. SERVEIS ECOSISTÈMICS .....	94
2.5. BARCELONA: BIODIVERSITAT I CANVI CLIMÀTIC .....	95
<b>3. CONCLUSIONS .....</b>	<b>99</b>
3.1. CONCLUSIONS SOBRE LA VULNERABILITAT DE LA BIODIVERSITAT DE BARCELONA ALS EFECTES DEL CANVI CLIMÀTIC .....	101
<b>4. RECOMANACIONS .....</b>	<b>103</b>
<b>5. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>111</b>
<b>6. ANNEXOS .....</b>	<b>117</b>



# 1. PRESENTACIÓ

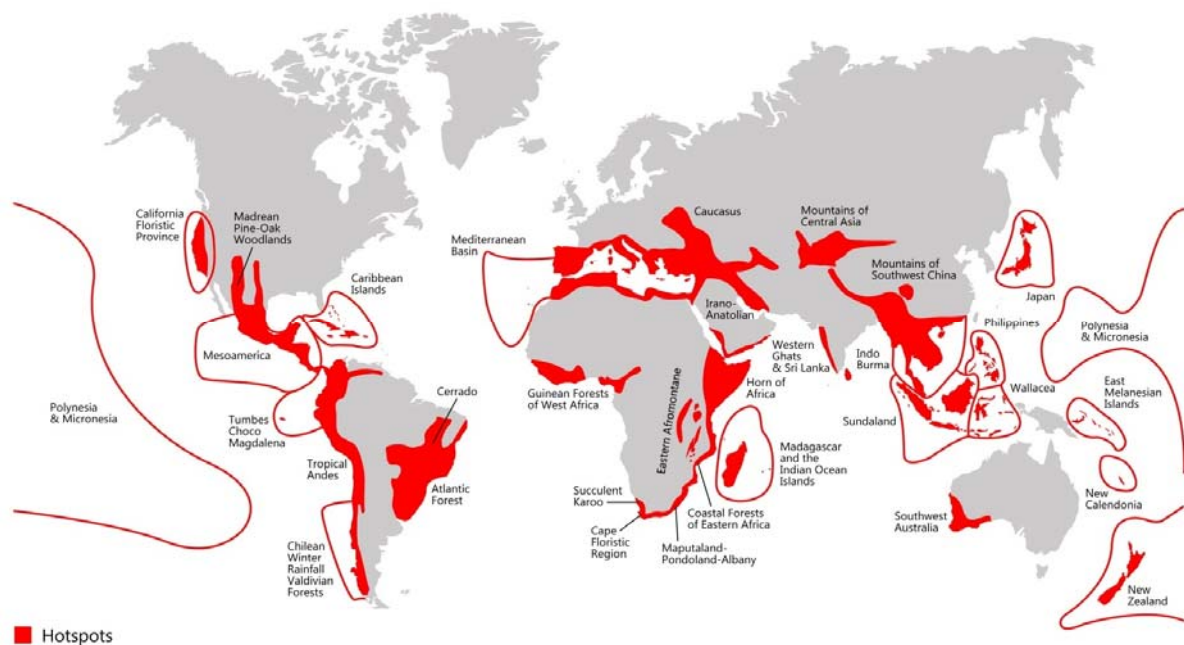




El concepte de biodiversitat, definit de forma simple com la varietat de la vida, engloba la diversitat genètica de cada població o espècie (diversitat de genomes); la diversitat d'organismes (diversitat d'espècies dins un ecosistema); i la diversitat d'ecosistemes (diversitat d'hàbitats, comunitats i relacions ecològiques dins una regió).

L'escala d'anàlisi de la biodiversitat és un factor determinant per a concloure si un territori és biodivers o no. Per exemple, a petita escala, dins l'entorn de l'Àrea Metropolitana de Barcelona, es podria considerar que les pinedes mediterrànies aporten poc a la diversitat biològica d'aquest territori ja que són majoritàries. En canvi, a escala mundial, la conca mediterrània es considera un "hotspot" de biodiversitat i hàbitats, com les pinedes mediterrànies, que mostren distribucions molt restringides realitzant una aportació rellevant a la biodiversitat global del planeta.

### Imatge 1: Punts calents de biodiversitat mundials



Font: Conservation international

La biodiversitat és un element clau en la funcionalitat dels ecosistemes que, en definitiva, generen les condicions per viure, també per a l'home. En aquest sentit, la biodiversitat multiplica els serveis ecosistèmics que aporten els hàbitats generant un millor benestar per les persones (regulació hídrica, regulació de la qualitat de l'aire, regulació microclimàtica, oportunitats de lleure i educació ambiental, aportació d'aliments i recursos, etc.).

D'altra banda, la biodiversitat augmenta la resiliència dels ecosistemes a determinats canvis, com pot ser el canvi climàtic, afavorint una millor transició cap a els efectes que aquest pot comportar.

En àrees metropolitanes com la de Barcelona, a més a més, la biodiversitat té una incidència rellevant en la configuració del paisatge territorial, el contacte amb la natura, el turisme, l'esbarjo a l'aire lliure, entre d'altres serveis que augmenten la qualitat de vida dels seus habitants.

Existeix un consens sobre la pèrdua sostinguda de diversitat biològica, tant de poblacions, com d'espècies, hàbitats i paisatges, en les darreres dècades. Processos com el canvi en l'ús

i, sobretot, pavimentació del sòl, el deteriorament dels hàbitats o la fragmentació s'erigeixen com les principals causes d'aquesta pèrdua; i l'actual context de canvi global que inclou el canvi climàtic fa preveure, encara més, un increment de les pressions sobre la biodiversitat en un futur proper.

Les mesures adoptades fins ara en relació amb la conservació de la biodiversitat, tot i ser totes elles necessàries per a l'assoliment de l'objectiu d'aturar aquesta pèrdua, es mostren encara insuficients. La protecció d'espais naturals, evolucionada posteriorment al concepte de protecció de xarxes ecològiques, ha aconseguit protegir espais, però no la totalitat dels processos que en garanteixen la seva biodiversitat, i que molts cops es donen fora d'aquests espais protegits.

Àrees urbanes com les de Barcelona, malgrat tenir gran part del seu territori urbanitzat, es situen a la conca mediterrània i també en una de les principals rutes migratòries pels ocells conservant alguns ecosistemes d'interès com els vessants de Collserola, el litoral o el seu sistema de parcs urbans, que poden jugar un paper estratègic en la preservació de la biodiversitat urbana i en la maximització de serveis ecosistèmics a la població.

L'actual context de canvi climàtic, pot tenir repercussions importants sobre els ecosistemes de la ciutat, alterant part dels serveis ecosistèmics que aquests aporten. En aquests sentit, cal començar a caracteritzar quins poden ser aquests efectes, i quina és la millor manera de fer-hi front, per evitar que els efectes del canvi climàtic repercuteixin en una pèrdua de biodiversitat, una pèrdua de la funcionalitat ecològica i de retruc una pèrdua de serveis ecosistèmics i pèrdua de qualitat de vida dels habitants de Barcelona.

Finalment recordar que al llarg d'aquest capítol, i segons la nomenclatura definida al *Capítol introductori* per al conjunt de l'*Estudi dels Impactes del Canvi Climàtic a Barcelona*, l'anàlisi s'ha basat en el **perill** associat als efectes del canvi climàtic a la biodiversitat.

A mode de recordatori, presentem la nomenclatura establerta al *Capítol – Introducció al canvi climàtic*:

- **Perill** es pot definir com la freqüència i intensitat (o magnitud) amb la que un determinat fenomen natural o antròpic impacta en un espai determinat.
- Per **vulnerabilitat**, s'entén la predisposició intrínseca d'un sistema (subjecte, grup, element físic, ecosistema, etc.) a ser afectat per un perill.
- **Risc** és la resultant de considerar el perill i la vulnerabilitat, valorant com cada sistema es veu afectat per un perill determinat.



## **2. ANÀLISI I DIAGNOSI**

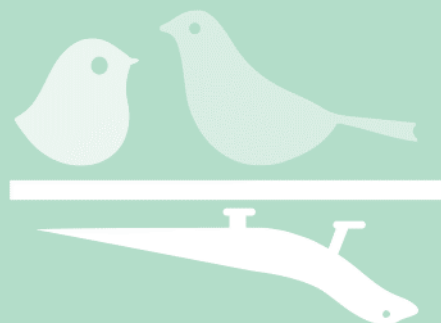
**2.1. La biodiversitat a Barcelona**

**2.2. Dinàmiques ecopaisatgístiques a Barcelona  
1956-2009**

**2.3. Principals efectes del canvi climàtic sobre la  
biodiversitat a la Península Ibèrica i la Conca  
del Mediterrani**

**2.4. Possibles efectes futurs del canvi climàtic a la  
biodiversitat de Barcelona**

**2.5. Barcelona: Biodiversitat i canvi climàtic**





## 2.1. LA BIODIVERSITAT A BARCELONA

### 2.1.1. Hàbitats i vegetació

La vegetació i hàbitats existents al municipi de Barcelona està molt marcada pel context antròpic dels seus entorns. En aquest sentit, es poden diferenciar fins a 4 unitats eco-paisatgístiques segons la pressió urbana i la seva singularitat envers els efectes que poden patir a causa del canvi climàtic:

- **Els hàbitats agro-forestals:** Concentrats pràcticament en la seva totalitat a Collserola, corresponen, sobretot, a aquelles àrees de prats, matollars i boscos que tenen una dinàmica més natural al municipi i menys perturbacions, i també les petites taques de conreus, minoritaris, que encara conserva el municipi.
- **Els espais intersticials i de marge:** Corresponen a aquelles peces d'hàbitats relativament petits envoltats de zones urbanes o hàbitats molt propers a zones urbanitzades i que reben una pressió antròpica molt directa, si bé no incorporen un enjardinament.
- **El espais verds urbans:** Corresponen als parcs i jardins i a l'arbrat viari, és a dir, aquella vegetació que té un manteniment intensiu (reg, podes, etc.) i que incorpora, molts cops, vegetació al·lòctona.
- **Les masses d'aigua:** Una unitat singular a nivell dels efectes que pot tenir el canvi climàtic són les masses d'aigua existents al municipi. No obstant això, aquestes poden ser de naturalesa molt diversa, des de basses semi-naturals, a embassaments, basses urbanes naturalitzades, basses de parcs i jardins, privades, etc.

Per analitzar els impactes que el canvi climàtic pot tenir sobre cadascuna d'aquestes unitats, cal caracteritzar quins són els valors sensibles de cada unitat.

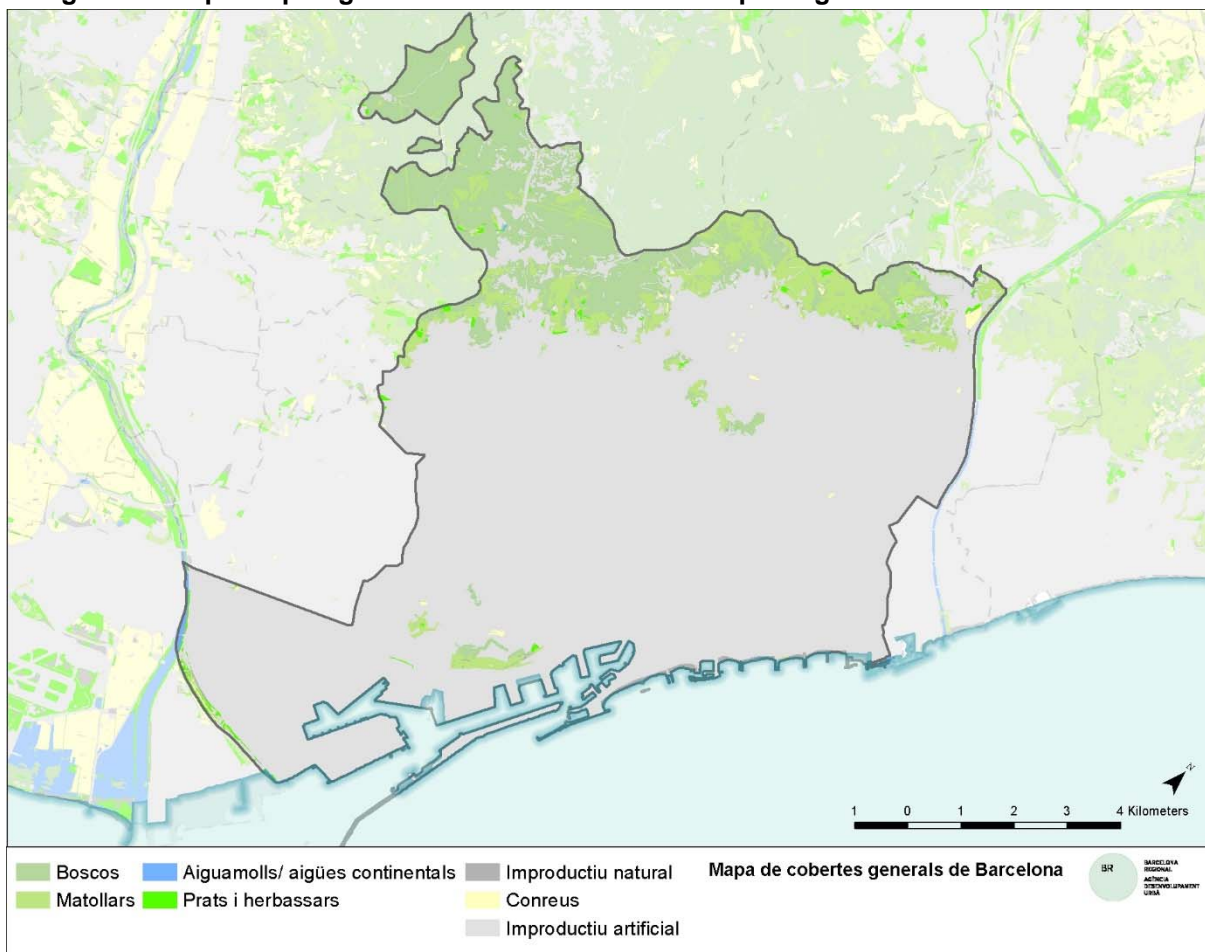
#### Hàbitats agro-forestals

Es poden incloure en aquesta unitat els boscos, matollars, prats, els conreus, és a dir, aquells espais que poden mantenir una dinàmica més natural, si bé, alguns, tenen cert manteniment i gestió.

Dins el municipi de Barcelona, i pel que fa als espais agro-forestals dominen les cobertes de bosc i matollar, situades principalment a Barcelona però també amb alguna taca als tres turons i Montjuïc. Als vessants de Collserola i també en alguns dels turons de la ciutat també apareixen algunes taques de prat més minoritàries.

Les taques de conreu, més enllà d'alguns horts urbans, es concentren en dues localitats als entorns de Vallbona -on existeix una extensió rellevant de conreus de regadiu d'horta- i a la finca de Can Calopa de Collserola -on existeix una àrea rellevant de vinyes- i també cultius de mandariners.

**Imatge 2: Principals tipologies de cobertes del sòl dels espais agro-forestals de Barcelona**



Font: Mapa de cobertes del sòl de Catalunya (CREAF)VEGETACIÓ ARBÒRIA

## VEGETACIÓ ARBÒRIA

**Pinedes de pi blanc:** La cobertura majoritària de bosc en els espais agro-forestals són les pinedes de pi blanc. Pinedes, normalment formades per estrat arbori alt de pi blanc (*Pinus halepensis*), acompanyat sovint per una barreja d'herbes i arbustos . En alguns casos però, al sotabosc tenen alguna importància els fragments de màquia d'alzinar que testimonien l'evolució progressiva de la pineda cap a l'alzinar potencial.

**Alzinar:** És el segon bosc més freqüent al municipi, normalment formant alzinars amb marfull (*Viburno-Quercetum ilicis*). Aquesta seria la comunitat climàtica de bona part del municipi de Barcelona actualment, però la seva extensió com a comunitat pura és molt més reduïda que la del pi blanc.

**Pinedes de pi pinyer:** Són el tercer bosc més abundant dins el municipi. Pinedes secundàries de *Pinus pinea*. La densitat de l'estrat arbori, en aquestes pinedes, sol ser menor que a les pinedes de pi blanc i el sotabosc sovint només és de tipus herbaci i força reduït. Es situen sempre ocupant posicions solells en ser el pi pinyer una espècie molt heliòfila i es troben amb preferència a les pinedes de pi blanc als terrenys de textures més grolleres.

**Alzinar amb roures:** Unitat corresponent al *Quercetum ilicis cerroidetosum*, que apareix als obacs més humits. En realitat es tracta d'un alzinar, però apareixen esparsament diversos

exemplars de roures, concretament de *Quercus x cerrioides*, *Quercus faginea* o *Quercus pubescens* acompanyats per algunes plantes d'afinitat euro-siberiana. Es tracta, doncs, de la comunitat de tendència més submediterrània de l'àmbit d'estudi.

**Màquia d'alzinar:** Unitat força estesa pels obacs. Es tracta d'una màquia relativament alta i molt densa que correspondria a un *Quercetum ilicis arbutetosum*. La componen principalment les espècies arbustives de l'alzinar i, sovint, van acompanyades per un estrat igualment arbusti o subarbori de *Quercus ilex*, però també poden aparèixer sense aquest.

**Omedes, alberedes, salzedes i altres boscos de ribera:** Aquesta unitat està molt localitzada als entorns de rieres i torrents més humits, i apareix amb taques de caducifolis de ribera molt reduïdes. Al municipi de Barcelona l'espècie més comuna en aquest tipus d'ambients és l'om (*Ulmus minor*). La vegetació de ribera es troba a tota l'àrea d'estudi en un estat molt fragmentari i malmès. Resta conformada sobretot per fragments d'omeda (Lithospermo-Ulmetum) a les parts més altes dels torrents quasi sempre acompanyada per una gran presència de bardissa (Rubo-Coriarietum). Acompanyen al bosc de ribera comunitats semi-submergides del Glycero-Sparganion i el flanquegen diverses comunitats de jonqueres i prats humits.

## VEGETACIÓ ARBUSTIVA

**Brolles calcícoles:** Comunitats arbustives sobre terreny calcari, molt poc abundants al conjunt de l'àrea d'estudi, corresponent sempre a un *Erico-Thymelaeetum*.

**Brolles acidòfiles:** Són les principals comunitats arbustives que apareixen sobre terreny esquistós o granític i, com aquests són els substrats majoritaris del Parc de Collserola, són de gran importància en l'àrea d'estudi, especialment a les àrees recentment cremades. Estan massivament dominades per diverses espècies del gènere *Cistus* i són atribuïbles al *Cisto-Sarothamnetum*. Una variant d'aquesta comunitat, també inclosa en aquesta unitat és el *Cisto-Sarothamnetum rosmarinetosum* que correspon a una situació de trànsit amb les brolles calcícoles, amb espècies d'ambdues comunitats convivint (Díaz et al. 2006).

**Matollars halonitròfils:** Matollars formats per nanofaneròfits i camèfits, dominats pel siscall (*Salsola vermiculata*) i el salat blanc (*Atriplex halimus*), amb diverses espècies anuals acompanyants. Al municipi de Barcelona apareixen al vessant marítim de la muntanya de Montjuïc entre els penya-segats.

## PRATS

**Erms:** La majoria de camps abandonats de l'àrea d'estudi i altres superfícies sense un ús aparent i certament ruderalitzades solen desenvolupar-se de manera força ràpida un *Inulo-Oryzopsidetum miliaceae* sovint amb fragments d'altres comunitats ruderals.

**Llistonars:** Inclouen les pastures seques que s'instal·len en indrets calents i generalment amb poc sòl. Totes elles pertanyen al *Thero-Brachypodium*, tot i que la comunitat concreta dependrà del tipus de substrat. En qualsevol cas la presència del llistó (*Brachypodium retusum*) hi és predominant, malgrat que s'hi puguin instal·lar altres comunitats de teròfits diversos.

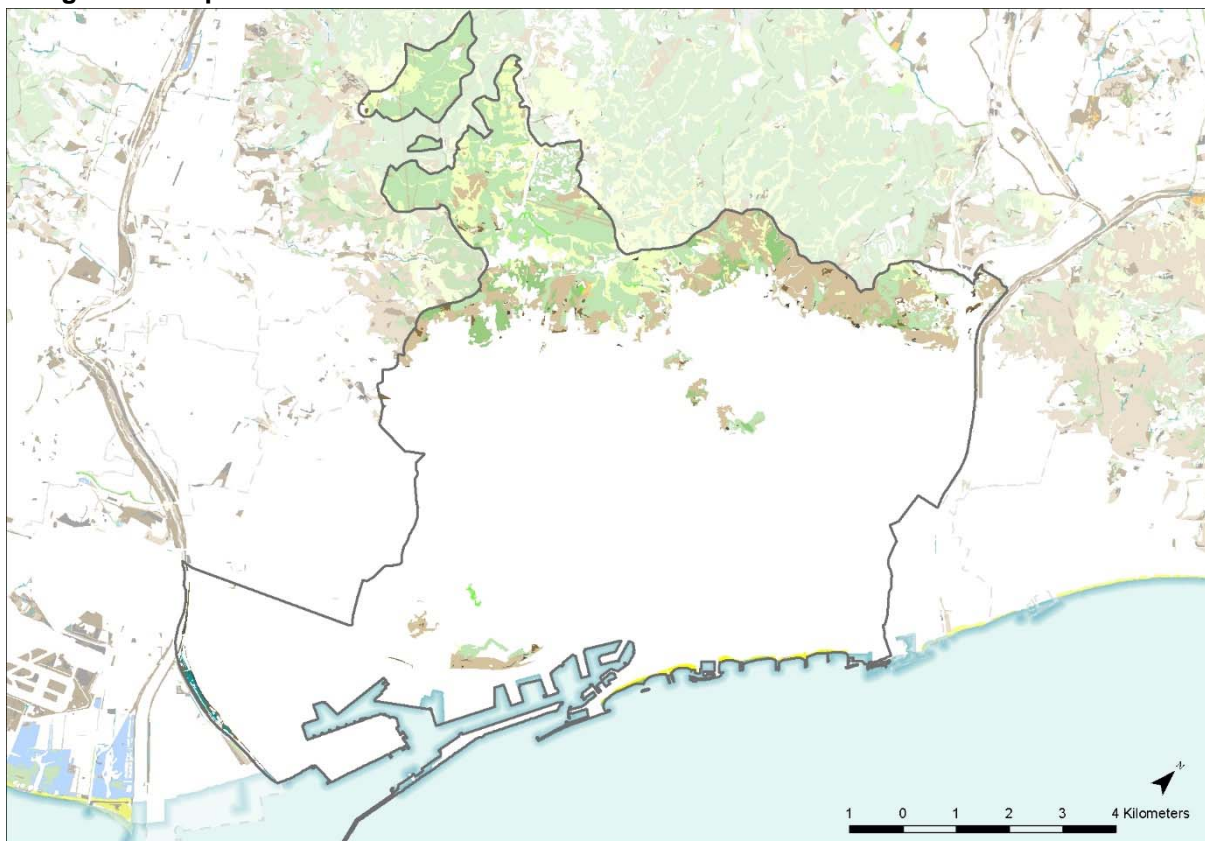
**Prats sabanoides d'albellatge:** L'*Hyparrhenietum* és una comunitat que apareix als solells calents però també relativament humits per acció del mar a les serralades litorals. Està dominada per la gramínia anomenada albellatge (*Hyparrhenia hirta*) que li confereix un típic aspecte sabanoide, però sovint aquesta comunitat apareix en un estat força dispers i fragmentari entre claps més o menys extensos de llistonar.

**Fenassars:** De totes les pastures del territori, el *Brachypodium phoenicoidis* torna a ser la més mesòfila.

### CANYARS

Corresponen a l'*Arundo-Convolvuletum*, comunitat que ocupa els cursos d'aigua més degradats i ruderalitzats. Apareix sobretot al voltant dels nuclis de població.

**Imatge 3: Principals boscos i cobertes del sòl forestals**



Cobertes forestals de Barcelona BR BARCELONA REGIONAL  
AGÈNCIA D'ORDENAMENT I DESENVOLUPAMENT URBÀ

- |                                  |                                   |                                    |
|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Alzinar                          | Pi blanc                          | Plantacions no autòctones i vivers |
| Roureda de roure de fulla menuda | Pi pinyer                         | Platges                            |
| Boscos caducifolis de ribera     | Matollars                         | Conreus abandonats                 |
| Altres caducifolis               | Matollars de formacions de ribera | Roquissars i tarteres              |
| Canyars                          | Prats i herbassars                | Sòl nu                             |

Font: Mapa de cobertes del sòl de Catalunya (CREAF)

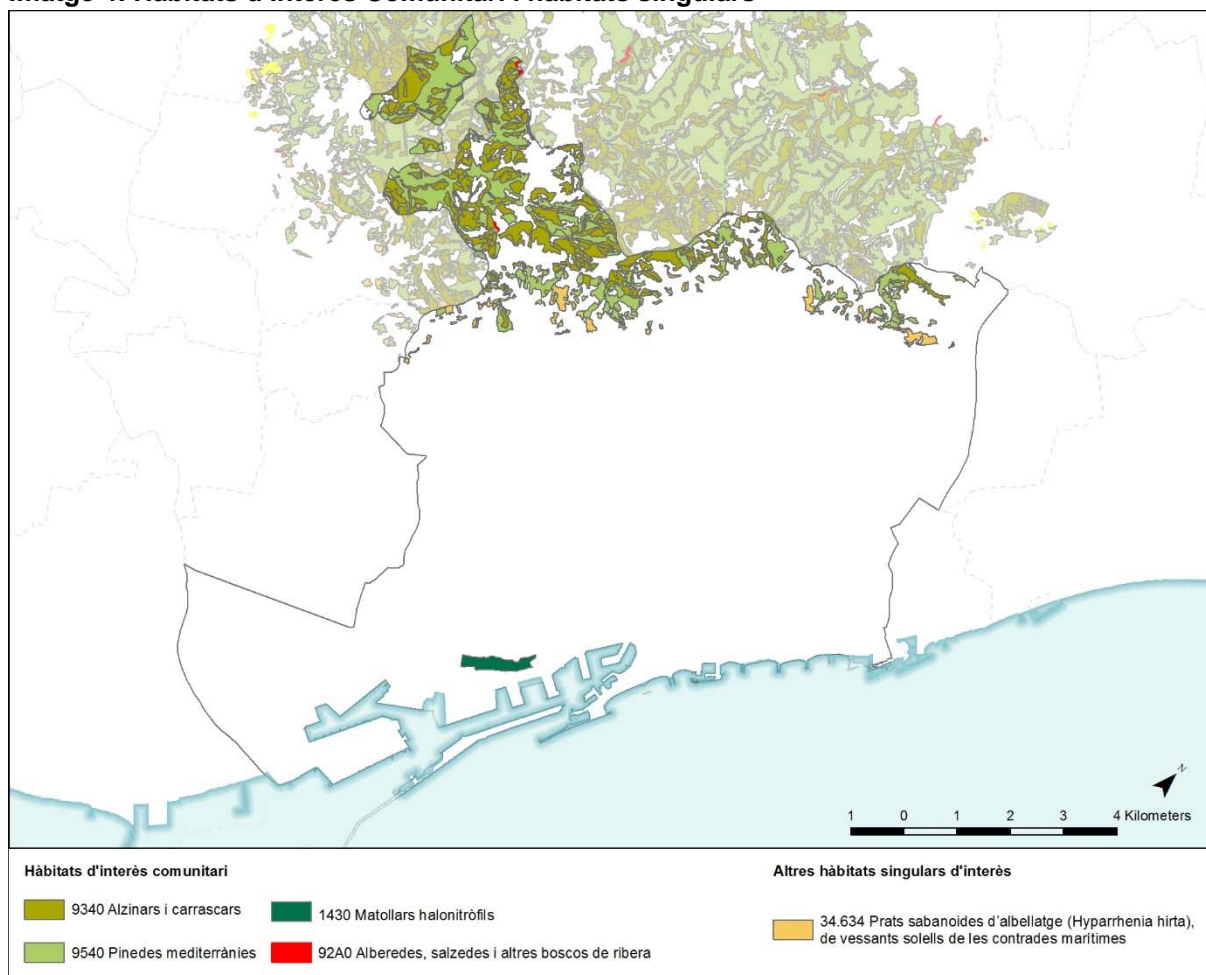
## HÀBITATS D'INTERÈS COMUNITARI I HÀBITATS SINGULARS

Pel que fa a l'interès per a la conservació dels hàbitats existents al municipi, destaca l'elevada presència d'hàbitats d'interès comunitari, principalment alzinars i pinedes mediterrànies, però també alguns fragments de boscos de ribera i els matollars halonitròfils del vessant marí de Montjuïc.

Els hàbitats d'interès comunitari ocupen 1.234,5 ha del municipi i representen el 73,1% de la totalitat d'hàbitats forestals.

També cal destacar alguns hàbitats singulars, com els prats d'albellatge, que si bé no són considerats hàbitats d'interès comunitari, sí que tenen un notable interès científic. Aquests prats ocupen alguns dels indrets més assolellats del vessant barceloní de Collserola.

Imatge 4: Hàbitats d'Interès Comunitari i hàbitats singulars



Font: Barcelona Regional a partir de dades del grup de geobotànica i cartografia de la vegetació de la UB.

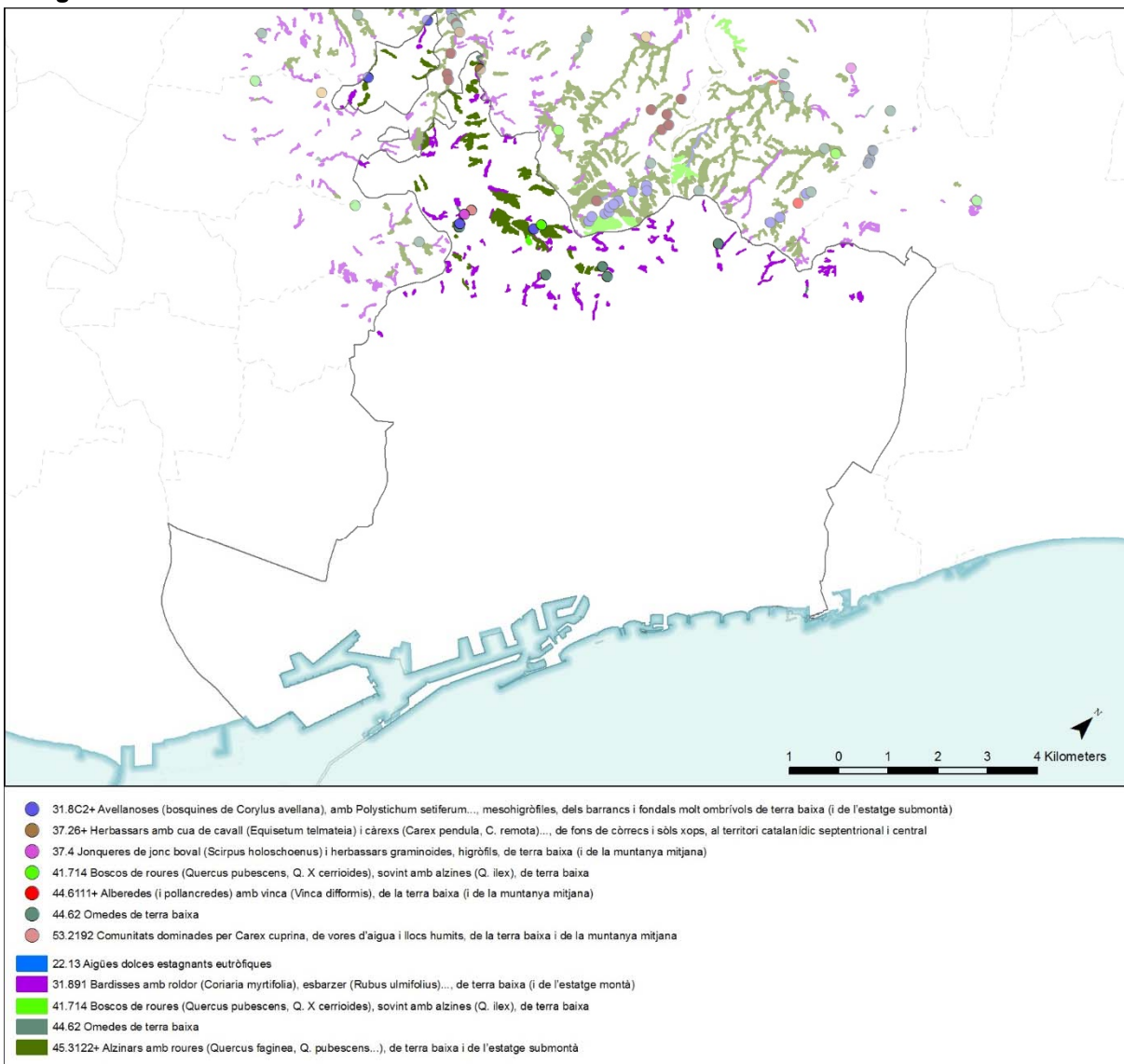
## HÀBITATS MÉS VULNERABLES AL CANVI CLIMÀTIC

A priori els hàbitats més vulnerables als efectes del canvi climàtic de l'àmbit d'estudi són aquells d'**afinitat euro-siberiana** o tendència **més submediterrània**, ja que són els que es situen més al límit latitudinal de la seva distribució, si bé poden haver-hi situacions topoclimàtiques particulars que facin que hàbitats més mediterranis puguin tenir també certes problemàtiques en determinades condicions.

En aquest sentit, s'han representat en un mapa les comunitats més lligades a ambients més humits i frescals, com aquelles comunitats que podrien patir un impacte més negatiu.

Entre aquests hàbitats, destaquen a nivell d'àrea els **alzinars amb roures** i les **bardisses amb roldor**, però també apareixen fragments petits d'**avellanoses**, **herbassars amb cua de cavall**, **jonqueres de jonc boval**, **omedes**, o petits **bosc de roures**.

Imatge 5: Hàbitats associats a ambients humits i frescals



Font: Barcelona Regional a partir de dades del grup de geobotànica i cartografia de la vegetació de la UB.



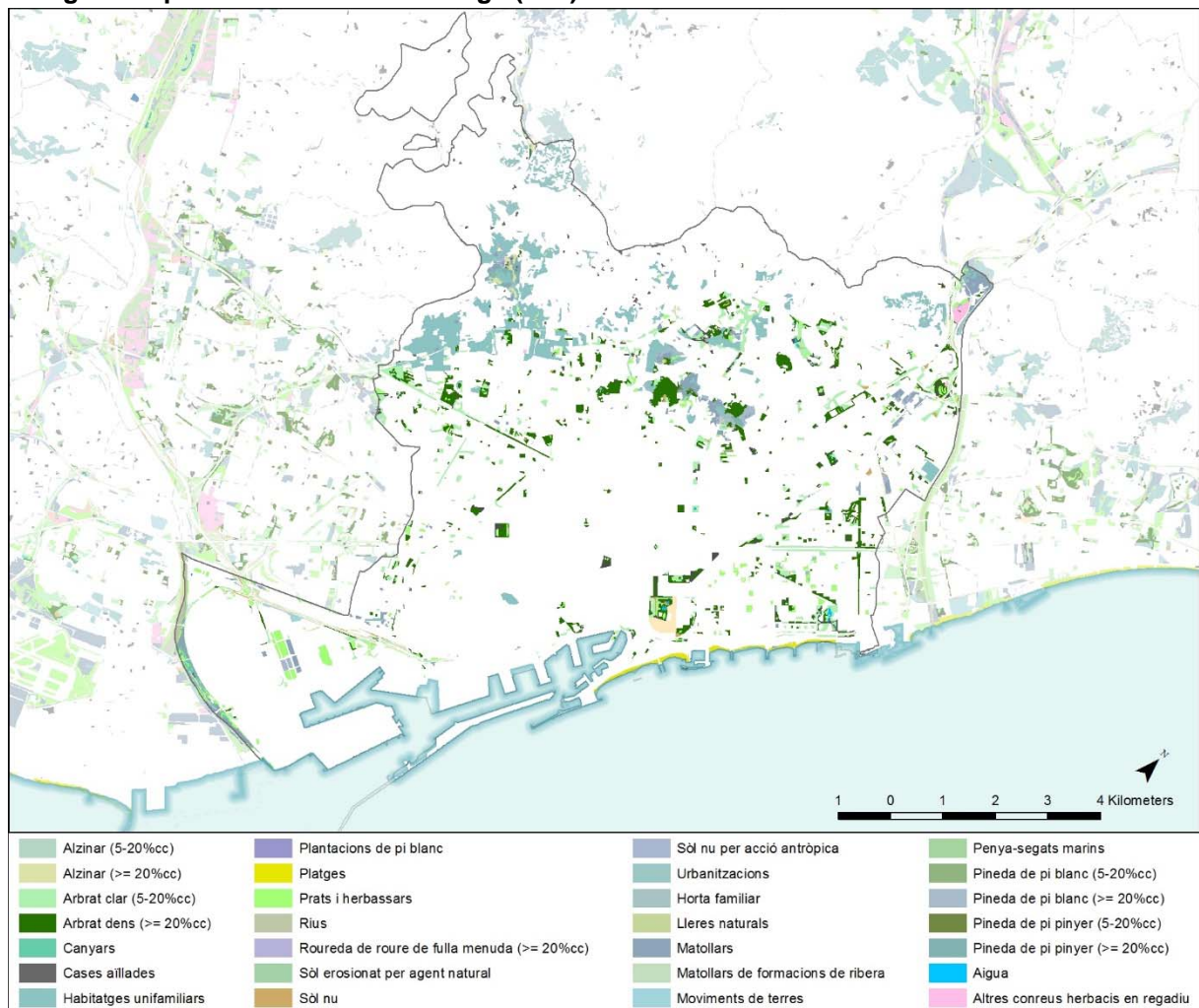
## Espais intersticials i de marge

L'estudi "Primera caracterització ecològica dels espais intersticials i de marge de l'Àrea Metropolitana de Barcelona" (CREAF, AMB 2015) descriu els espais intersticials i de marge (EIM) com aquells espais oberts que es troben envoltats d'àrees construïdes o infraestructures de transport, o adjacents (és a dir, situades a una distància màxima) a aquestes.

Els EIM poden aplegar tipologies d'espais molt diferents, com ara restes d'hàbitats naturals i semi-naturals, conreus periurbans, espais denudats i revegetats espontàniament per comunitats ruderals i exòtiques, o espais verds en el sentit més estricte.

A la ciutat de Barcelona són presents sobretot a la franja de contacte amb Collserola i al voltant de les grans infraestructures viàries i principals entrades de la ciutat. En el cas de Barcelona, trobem EIMs amb vegetació boscosa, principalment parcs, però també espais intersticials a les urbanitzacions disperses; EIMs amb vegetació espontània o ruderal de caràcter més herbaci vinculada als espais intersticials de les infraestructures; o les pròpies platges. Però també una elevada diversitat de situacions més minoritàries que poden incloure horts urbans, matollars, sòls nus, lleres naturals, etc.

**Imatge 6: Espais intersticials i de Marge (EIM) de la ciutat de Barcelona**



Font: Barcelona Regional a partir de dades del PSAMB, CREAM i AMB

## **Espais verds urbans**

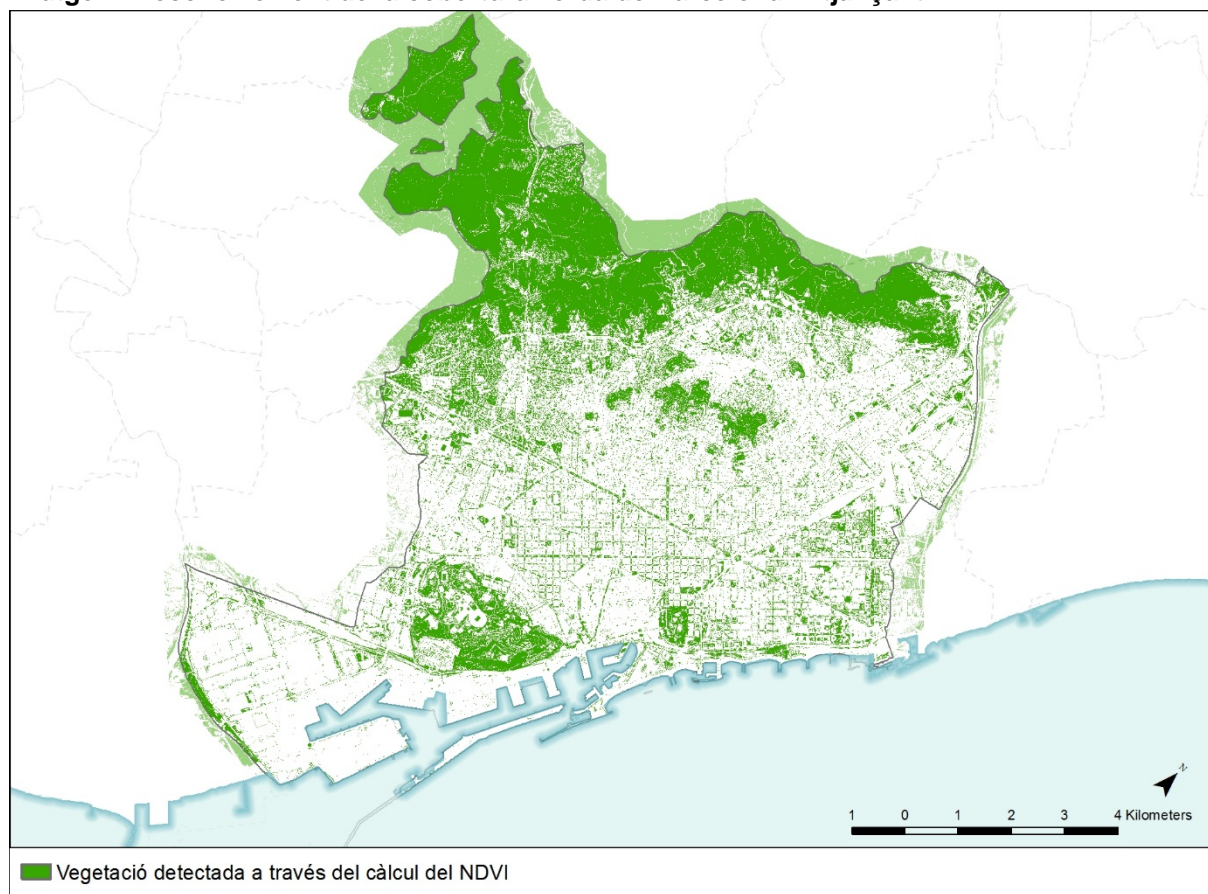
La cobertura global d'espais vegetats al municipi de Barcelona ocupa 3.463 ha de les quals 1.865 ha corresponen a espais forestals i 1.598 ha a espais vegetats urbans (Montlleó et al. 2015).

El verd urbà, més enllà dels espais forestals, intersticials i de marge ja analitzats, el conformen també la vegetació existent als parcs i jardins, l'arbrat viari, el espais dels jardins privats, la vegetació existent en alguns equipaments i cementiris, entre d'altres.

Aquest verd urbà es presenta amb un percentatge més elevat en l'espai públic, si bé existeixen zones com la zona nord del districte de les Corts on els espais privats tenen un percentatge molt elevat de verd. En el cas del districte de l'Eixample és especialment rellevant la cobertura verda conformada per l'arbrat viari.

Les zones amb menor percentatge d'espais vegetats són el nucli urbà de ciutat vella i les àrees industrials del municipi: Zona Franca, polígon industrial de Besòs i Torrent Estadella.

**Imatge 7: Reconeixement de la cobertura verda de Barcelona mitjançant l'NDVI**



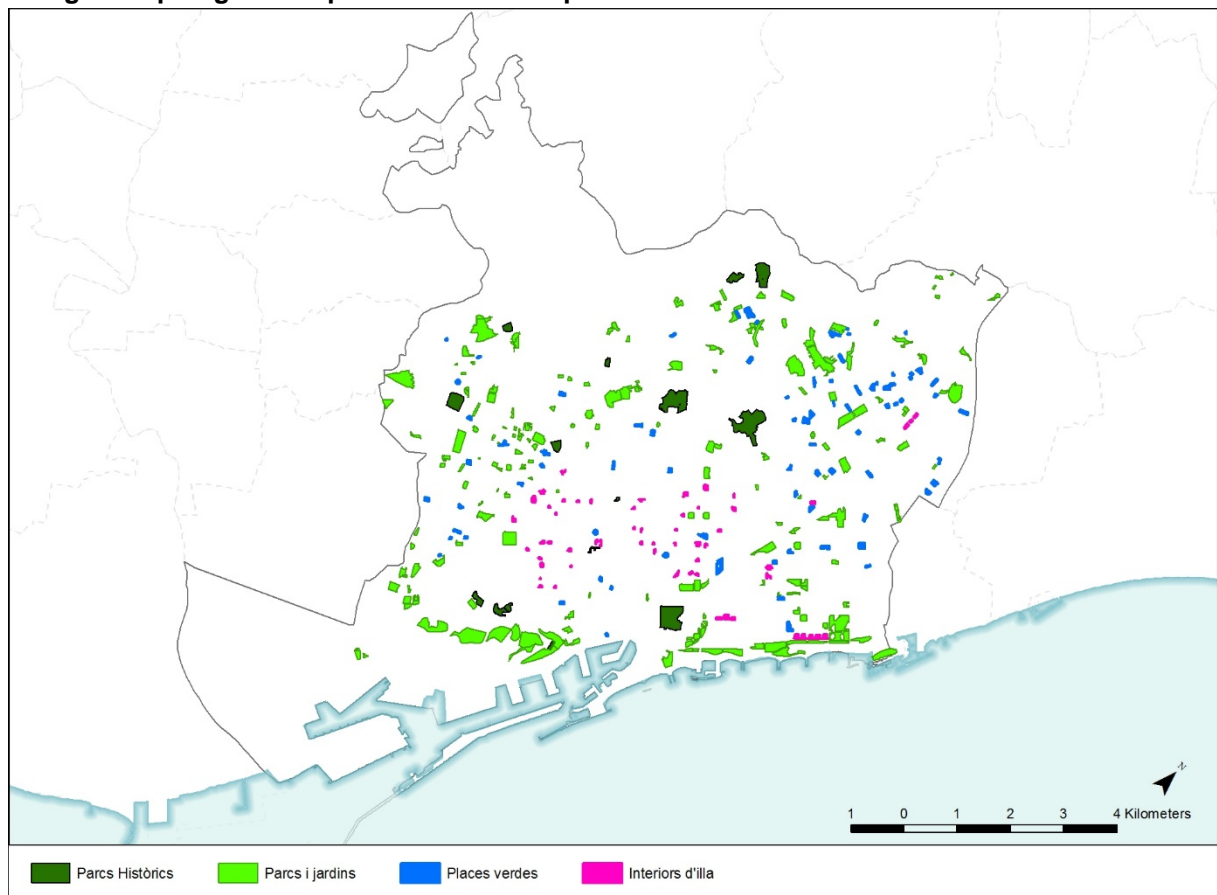
Font: Barcelona Regional a partir de dades de l'ICGC.

El espais públic amb presència de verd poden ser de diverses tipologies:

- Parcs històrics: Parcs normalment de grans dimensions que tenen una antiguitat rellevant i, per tant, solen presentar una vegetació i arbrat més madur i consolidat.
- Parcs i jardins: La conformen la resta de parcs i jardins públics no històrics, que solen tenir una vegetació menys densa que els parcs històrics i menys madura.
- Places amb elevada presència de vegetació: Són espais més inserits en la trama urbana que presenten més elements urbanitzats i més superfície pavimentada. De mida més petita que els parcs i jardins, a vegades també concentren peces importants de vegetació.
- Interiors d'illa: Espais completament envoltats d'edificació de mida petita que contenen també espais vegetats.

En el cas de Barcelona, s'observa una disposició més perimetral dels grans parcs, mentre que a les zones centrals i a l'Eixample dominen més els interiors d'illa i les places.

**Imatge 8: Tipologies d'espais verds urbans públics**



Font: Barcelona Regional.

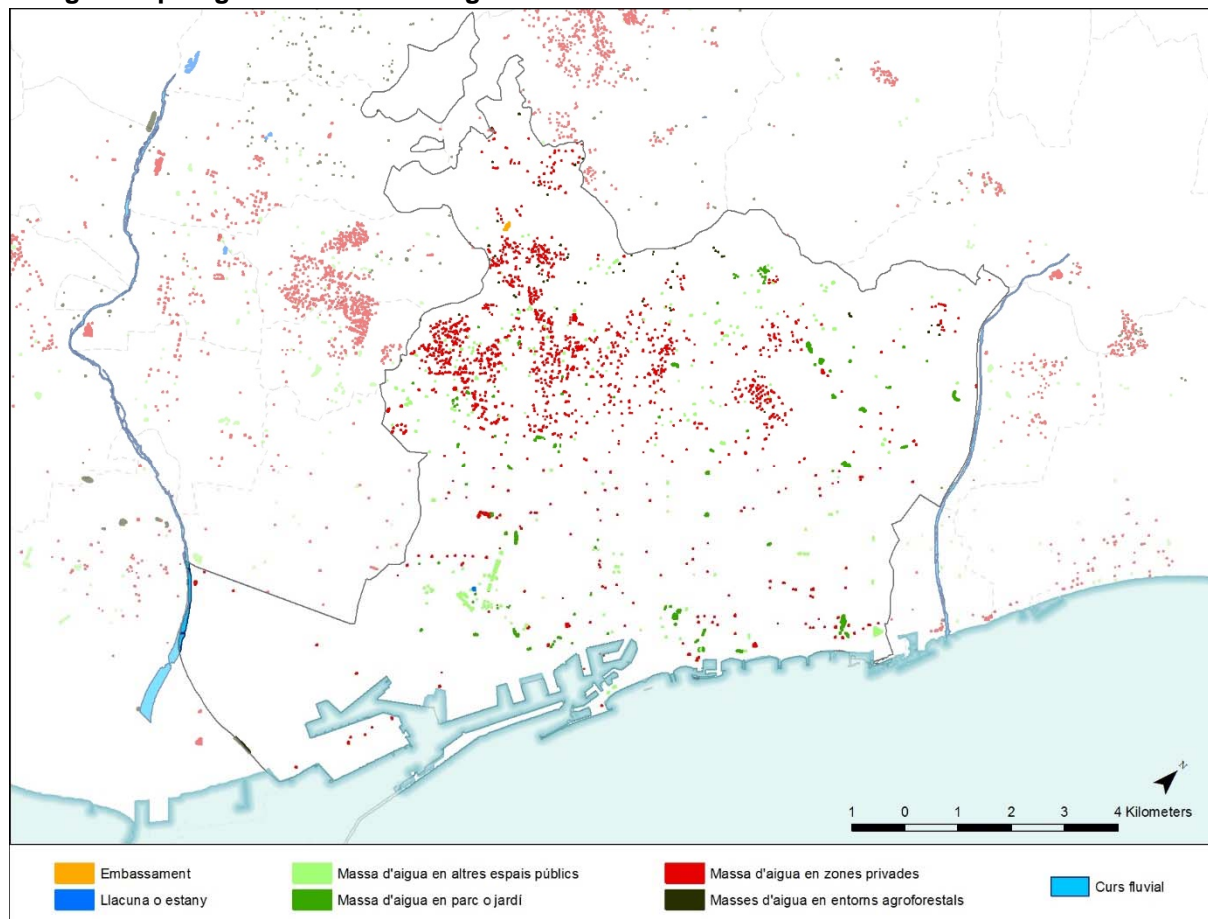
## **Masses d'aigua**

Un cas particular a analitzar per identificar les vulnerabilitats de la ciutat als efectes del canvi climàtic són les masses d'aigua de la ciutat. Aquests punts, que poden tenir una funció en la millora o suport de la biodiversitat, també contribueixen a mitigar l'efecte illa de calor, poden ser un element de resiliència pel que fa a les onades de calor i també poden patir l'efecte d'un major estrès hídric en el context del canvi climàtic.

A la ciutat de Barcelona existeixen 2074 masses d'aigües conegudes, la majoria de les quals (83,31%) es situen en espais privats (piscines, basses o fonts en jardins, etc.).

Tots aquests espais obtenen aigua de les xarxes d'abastament de la ciutat o de les xarxes d'aigua i, per tant, tenen un manteniment que garanteix certa estabilitat. Però existeixen al municipi alguns casos de basses semi-naturals més dependents de l'escorrentia o del freàtic com poden ser la bassa del sot de la Foixarda o el Pantà de Vallvidrera.

**Imatge 9: Tipologies de masses d'aigua a Barcelona**



Font: Barcelona Regional a partir de dades de l'ICGC.

## **2.1.2. Fauna**

Pel que fa a la diversitat faunística del municipi de Barcelona i a nivell de les vulnerabilitats que els efectes del canvi climàtic pot comportar per a la ciutat, existeixen diversos grups d'interès a caracteritzar per diverses raons:

- **Espècies vinculades a l'aigua o ambients humits:** Són tots aquells grups faunístics que estan més lligats a l'aigua per a desenvolupar la seva activitat vital. Es preveu que en el context del canvi climàtic augmenti la pressió sobre els recursos hídrics i hi hagi un major estrès hídric en els espais agro-forestals. Així doncs, aquests grups faunístics poden ser vulnerables a aquests canvis.
- **Espècies plaga:** Aquelles espècies que generen molèsties a la població, presents a la ciutat en nombre creixent d'espècies i d'exemplars. El canvi climàtic podria afavorir-ne el seu creixement.
- **Espècies que exerceixen control biològic d'espècies plaga:** Són totes aquelles espècies que poden resultar útils per a mitigar l'expansió que podria generar el canvi climàtic d'algunes espècies plaga.
- **Espècies pol·litzadores i dispersores de llavors:** Són totes aquelles espècies que tenen funcions de dispersores de llavors o de pol·linització i que esdevenen clau per al funcionament dels ecosistemes del municipi. Els desajustos fenològics entre diverses espècies de fauna i flora que pot produir el canvi climàtic fan necessari el coneixement d'aquestes espècies que poden ser clau per garantir la connectivitat ecològica i superar aquests impactes.
- **Espècies bioindicadores de canvis ambientals:** Finalment, per a avaluar els possibles efectes del canvi climàtic sobre la biodiversitat del municipi també és interessant, conèixer l'evolució d'aquells grups d'espècies amb més potencial per esdevenir bioindicadores de canvis ambientals, ja sigui per la seva diversitat, vinculació amb diferents ambients o per l'existència d'un seguiment històric de les seves poblacions o comportaments.

En el context del municipi de Barcelona es pot fer una clara diferenciació entre les poblacions d'aquestes espècies existents en els espais agro-forestals (amb una dinàmica més natural) i les espècies existents dins el teixit urbà (amb una dinàmica més condicionada a l'acció humana).

### Espècies vinculades a l'aigua o ambients humits

S'inclouen en aquest grup els amfibis, els peixos i les aus aquàtiques com a grups més representatius i coneguts.

Pel que fa a Collserola, dins el municipi de Barcelona, existeixen poblacions de salamandra (*Salamandra salamandra*), tòtil (*Alytes obstetricans*), la granoteta de punts (*Pelodytes punctatus*), el gripau comú (*Bufo bufo*), el gripau corredor (*Bufo calamita*), la reineta (*Hyla meridionalis*) i de granota verda (*Pelophylax perezi*)

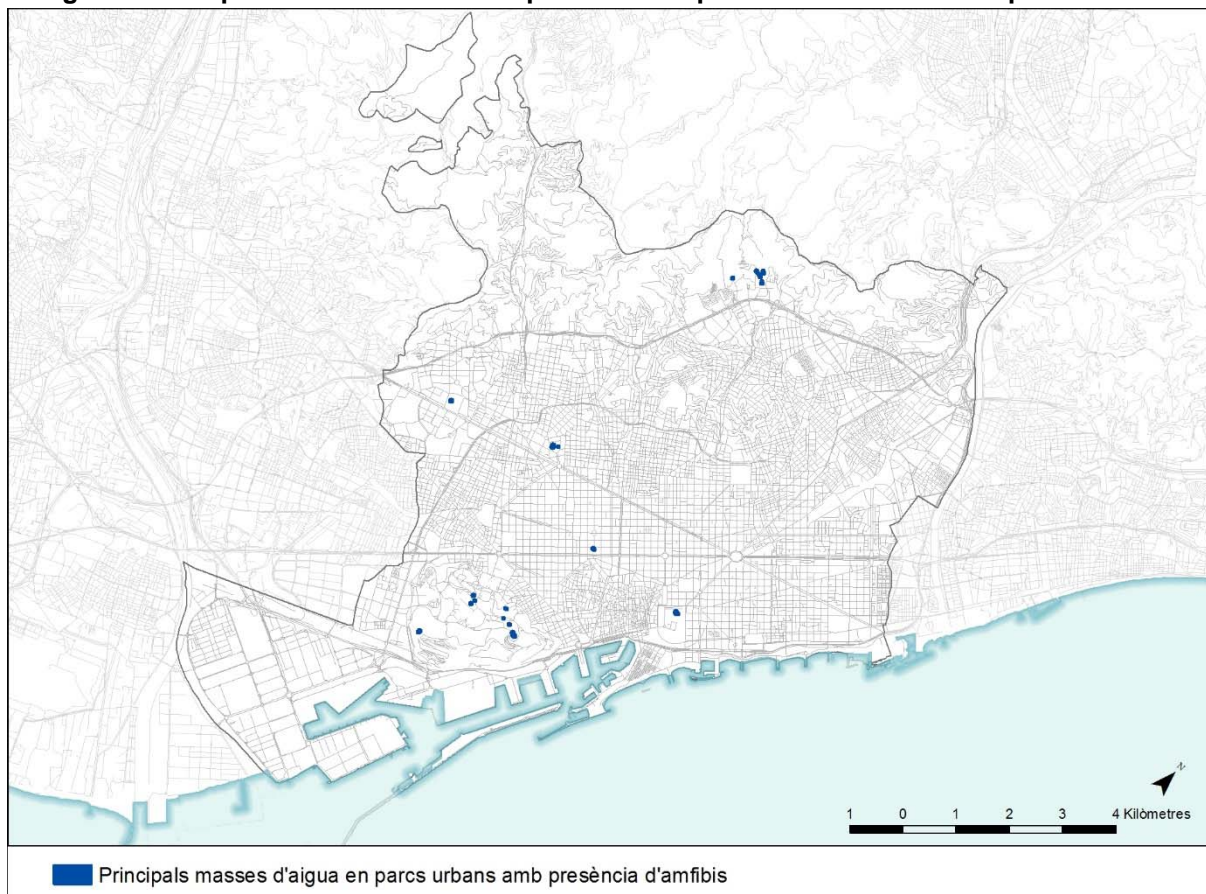
També existeixen poblacions més o menys estables de tritó verd (*Triturus marmoratus*) i s'han trobat exemplars de tritó palmejat (*Triturus helveticus*) malgrat no ser autòctones de la serra.

A la serra de Collserola també existeix alguna població de gripau d'esperons (*Pelobates cultripes*), la més propera a Barcelona es situaria a la pedrera de Santa Creu d'Olorda.

A la trama urbana les poblacions d'amfibis són rellevants i ocupen principalment basses naturalitzades en parcs i jardins.

S'han inventariat espècies d'amfibis en els parcs de Barcelona: La granota verda (*Pelophylax perezi*), la reineta (*Hyla meridionalis*) el tòtil (*Alytes obstetricans*) i la salamandra (*Salamandra salamandra*) tan sols al Parc del Laberint d'Horta.

**Imatge 10: Principals localitzacions amb presència de poblacions d'amfibis en parcs urbans**



Font: Barcelona Regional a partir de l'inventari dels mamífers, aus, rèptils, amfibis i peixos dels parcs de Barcelona, 2008.

Pel que fa als peixos, un dels elements faunístics més singulars de Collserola, i també, dels més vulnerables pel canvi climàtic és el barb cua-roig (*Barbus haasi*) que ocupa diversos trams de la riera de Vallvidrera,. Aquesta espècie és un endemisme ibèric circumscrit al nord-est i a l'est de la península homònima. La seva distribució comprèn les conques situades entre el Llobregat i el Túria.

Aquesta espècie figura com a Rara (R) al “Libro Rojo de los Vertebrados de España” i proposada com a vulnerable (VU) segons la categoria de la Unió Internacional de Conservació de la Natura a Espanya car les seves poblacions estan amenaçades per la contaminació industrial i urbana i la dessecació dels rius (Aparicio, 2002).

En el cas de les poblacions de peixos existents en les masses d'aigua de parcs i jardins, totes elles són espècies exòtiques com la gambúsia (*Gambusia holbrooki*), la carpa (*Cyprinus carpio*) i el carpí (*Carassius auratus*). D'aquestes tres espècies al·lòctones tan sols la gambúsia ha estat inclosa dins del “Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras”.

Pel que fa a les zones verdes urbanes, s'han inventariat diverses espècies d'aus aquàtiques nidificants. Les més representatives serien les colònies nidificants d'esplugabous (*Bubulcus ibis*), martinets blancs (*Egretta garzetta*) i bernats pescaires (*Ardea cinerea*) del Zoo de Barcelona, l'ànec collverd (*Anas platyrhynchos*), l'oca vulgar (*Anser anser*), la polla d'aigua (*Gallinula chloropus*) o espècies que ocasionalment han nidificat a la ciutat com el xibec (*Netta rufina*).

Com a hivernants o migradores també són representatives a la ciutat el corb marí gros (*Phalacrocorax carbo*) sobretot al parc de Diagonal mar, la fotja (*Fulica atra*) als parcs del litoral i la becada (*Scolopax rusticola*) al parc del Guinardó, Montjuïc i Ciutadella. Espècies més rares i ocasionals poden ser el cabusset (*Tachybaptus ruficollis*), l'ànec cullerot (*Anas clypeata*), el morell de plomall (*Aythya fuligula*) o el blauet (*Alcedo atthis*).

La cuereta torrentera (*Motacilla cinerea*), també mostra una vinculació amb les masses d'aigua existents als parcs i jardins i ha criat a la ciutat o manté diversos individus hivernants cada any.

A nivell urbà, per tant, destaquen els parcs del litoral per a la seva funció en època de pas migratori i els parcs més grans amb caràcter forestal. Especial menció d'importància al Sot del Migdia de Montjuïc on s'han registrat durant diversos anys fins a 140 espècies d'ocells, fet que remarca la seva importància, sobretot en època de pas migratori. Aquest sector de Montjuïc és el de més riquesa ornitològica, probablement per ser més a prop del litoral –zona de pas- i per tenir hàbitats menys artificialitzats i de més diversitat (penya-segat litoral, brolles, màquies, boscos, etc.) que en d'altres zones de la muntanya. Gràcies als censos que s'hi fan periòdicament es pot concloure que:

- Durant l'any ornitològic (primavera-estiu i tardor-hivern) s'hi detecten 90 espècies d'ocells, tant estivals, com hivernants, com residents com, sobretot, en pas migratori
- El nombre d'espècies nidificants (residents i estivals) es situa al voltant de les 37 espècies.

Entre les espècies nidificants destacar el falciot pàl·lid (*Apus pallidus*) que és altament probable que criï al penya-segat marítim car s'hi va trobar un poll volander. També hi destaca el mussol comú (*Athene noctua*) perquè hi té un dels pocs punts de nidificació a la ciutat. Entre les espècies de pas i/o hivernants cal remarcar el mosquiter de Hume (*Phylloscopus humei*) perquè fou la primera cita a Catalunya d'aquesta espècie asiàtica. Des que s'observà per primera vegada –primavera del 2015-

## Espècies plaga

En aquest grup s'inclouen artròpodes, ocells i mamífers.

Dins dels artròpodes podem trobar diferents espècies a la ciutat, però una de les que tenen una major impacte són les paneroles. Podem trobar tres espècies, totes elles d'una manera o altre vinculades a activitats antròpiques: la panerola americana (*Periplaneta americana*), la panerola oriental (*Blatta orientalis*) i la panerola alemanya (*Blatella germanica*).

La panerola americana és la més problemàtica a la ciutat, tant per la seva presència, molt ben distribuïda, com a nivell d'incidències ciutadanes. Freqüent quasi qualsevol lloc, el seu hàbitat prioritari és la xarxa de clavegueram des d'on pot arribar a la via pública o a la propietat privada a través dels embornals o claveguerons. També se les pot trobar a les àrees on es preparen, manipulen o emmagatzemen els aliments, o als soterranis. Durant l'estiu és freqüent

veure-la a l'exterior vivint en llocs ombrívols i humits, com patis interiors d'edificacions. A les nits és possible veure-les realitzant migracions pels carrers d'un lloc a un altre. Es desplaça corrent o volant. Com la resta de paneroles és d'hàbits nocturns, per això, durant el dia fugen de la llum i s'amaguen a les proximitats de canonades, aigüeres, banys, etc., on troben el microclima adequat per a la seva supervivència. És, conjuntament amb la panerola oriental, l'espècie que es troba més freqüentment a la xarxa del clavegueram

És precisament en aquest nínxol on trobem però d'una manera més confinada a la panerola oriental, antigament colonitzava el clavegueram però l'arribada de la panerola americana ha fet que la seva presència es vagi reduint a petites poblacions locals. A la nit poden migrar a l'interior dels edificis en busca d'aliment a través de les portes i finestres mal ajustades, també de desguassos i altres connexions amb el clavegueram. A l'interior de les edificacions es poden detectar per les zones baixes, soterranis, a prop de canonades i desguassos. No poden volar, tenen uns moviments més lents que les altres paneroles i poca capacitat d'enfilar-se, per això solen detectar-se als primers pisos.

Per últim trobem a la panerola alemanya -també s'anomena la panerola del cafè- la seva presència està molt relacionada amb l'activitat humana, sobretot d'establiments alimentaris como bars, restaurants i mercats, on troba les condicions adequades per subsistir. Prefereixen els llocs calents (33°C) i humits. És, sens dubte, la panerola més important i freqüent a l'entorn urbà, a excepció del clavegueram. Per aquest motiu, es troben habitualment en cuines i lavabos. Són d'hàbits nocturns, per això durant el dia es troben a escletxes a prop d'una font d'aliment o aigua.

Donat que les paneroles viuen i s'alimenten en llocs amb "brutícia", que regurgiten part de l'aliment digerit quan mengen i que defequen sobre l'aliment poden contaminar el nostre entorn i aliments. S'ha determinat que aquestes paneroles poden ser vectors de bacteris, de quists de protozous, de virus i de fongs. Igualment, s'ha comprovat que són un dels agents al·lèrgens més importants a l'entorn urbà, generant problemes com l'asma i altres processos al·lèrgics.

Una altra plaga important a la ciutat la trobem en els múrids, majoritàriament podem detectar tres espècies: la rata grisa (*Rattus norvegicus*), la rata negra (*Rattus rattus*) i el ratolí domèstic (*Mus musculus*).

La rat gris és el múrid més habitual a la ciutat, és l'espècie que més incidències ocasiona per mor dels albiraments per part dels ciutadans i als efectes negatius i danys que ocasiona sobre diferents tipus d'elements (aliments, mercaderies, etc). Tot i la seva activitat nocturna, en els llocs d'elevada densitat es poden deixar veure durant el dia. Espècie social i omnívora, molt voraç. El seu habitat natural és la xarxa de clavegueram, tot i que en determinades condicions colonitzen parcs i parterres, on mitjançant les seves habilitats excavadores fa caus que utilitza com a refugi i lloc de cria.

La rata negra, en canvi, és una espècie poc freqüent, podem trobar algun petit nucli a alguns dels parcs de la ciutat, com el de Parc de Joan Miró, i sobretot als voltants de Montjuïc, on troba a l'arbrat el seu habitat ideal -s'anomena rata de teulada també-. També d'hàbits nocturns la seva alimentació és diferent a la rata grisa, alimentant-se de fruits, vegetals i en menor mesura cereals. Espècie omnívora i voraç. Mostra gran habilitat per enfilar-se, saltar i desplaçar-se en alçada, per això els llocs elevats, sobretot arbres és el seu habitat, el qual utilitza per nidificar.



Per últim tenim al ratolí domèstic. Tot i que són pràcticament omnívors prefereixen les llavors i els cereals. Els seus hàbits alimentaris són diferents dels de les rates. Tenen dos períodes principals d'alimentació -al crepuscle i a l'alba- i molts altres petits períodes entremig.

Els ratolins són fonamentalment crepusculars i nocturns, malgrat que és possible veure de forma esporàdica ratolins en ple dia. Són animals molt socials, amb una gran jerarquització i territorials. L'amplitud del territori varia en funció, principalment, de la disponibilitat d'aliment i refugi, però generalment no és massa gran. Habitualment tenen el seu habitat en els edificis i en els parcs de la ciutat o parterres, on fan els seus caus per tal de refugiar-se i nidificar.

Totes tres espècies de múrids són vectors de malalties que poden afectar les persones, degut a la contaminació de materials que poden entrar en contacte amb els humans mitjançant l'orina i/o els excrements. És per aquest motiu que són objecte de programes de vigilància i control poblacional.

Els mosquits són un important grup a considerar, una de les dues espècies predominants a la ciutat és el mosquit comú (*Culex pipiens*). Aquesta espècie colonitza masses d'aigua estancada -sense recirculació ni tractament- la seva afectació es concentra a la primavera-estiu i part de la tardor i és una espècie nocturna. Actualment la seva presència a la ciutat és conspícua i podem trobar-la tant en grans superfícies -grans masses d'aigua o fonts en què no hi ha una bona recirculació- com en petits contenidors -pot colonitzar els embornals de la via pública- on comparteix nínxol amb el mosquit tigre. No obstant això, cal tenir en compte que una part dels focus de cria durant la primavera i estiu els podem trobar a les propietats privades on les piscines inflables petites o les piscines sense cap manteniment acaben esdevenint focus de mosquits que afecten la convivència ciutadana.

El mosquit tigre (*Aedes albopictus*) va arribar a casa nostra el 2005 -detectat al barri de Can Baró- i actualment és distribuït per tota la ciutat. Ha colonitzat tots els petits elements que poden acumular aigua com gerros, galledes, plats sota testos...la gran majoria presents a les propietats privades que els acumulen en jardins, patis o terrasses. No obstant això, amb el temps ha arribat a colonitzar el principal element de la via pública, els embornals, donat que la seva estructura afavoreix el seu establiment i proliferació. La seva activitat diürna, la seva agressivitat i la repetició de picada el fa molt molest, i ha passat a ser considerat un risc per a la salut pública per la capacitat de poder transmetre malalties com el dengue, chikungunya o zika.

Tant el mosquit tigre com el mosquit comú, esdevenen un greu problema durant la primavera-estiu -tardor, no només per l'efecte que tenen la seva activitat picadora diürna i nocturna d'ambdues espècies, sinó per la seva capacitat de transmetre malalties com el West Nile Virus, Dengue, Chikungunya i Zika.

Pel que fa als ocells hi ha dues espècies que cal destacar a la ciutat:

El colom domèstic (*Columba livia*), es l'ocell millor representat a la ciutat, sedentari, colonial, presenta elevades densitats en els nuclis urbans. El seu origen està relacionat amb individus assilvestrats i urbanitzats de colom domèstic provinent del colom roquer. El colom urbà, s'ha adaptat a la reproducció en forats dels edificis i a la cerca d'aliment a les ciutats i perifèria, on menja, sobretot, pa i llavors de cereals d'origen antròpic. A Barcelona el colom es distribueix per tota la trama urbana i la seva densitat depèn sobretot de la densitat de persones -especialment gent gran que viu sola- i d'edificis antics, que els proporcionen, respectivament, aliment i emplaçaments de cria. La densitat de coloms pot augmentar ràpidament, puix que

són fèrtils als 6 mesos d'edat i poden fer diverses postes a l'any (març-octubre). Els coloms barcelonins viuen en colònies molt territorials que es mouen poc (1,34-4,96 ha de domini vital). Dins del terme municipal de Barcelona, el colom només és absent de Collserola i de bona part de la Zona Franca, l'actual cens de la població

La cotorreta de pit gris (*Miyopsitta monachus*), es la segona espècie en importància a la ciutat pel que fa a la seva mida poblacional. L'espècie és originària d'hàbitats sabanoides sud-americanos i els exemplars barcelonins semblen provenir majoritàriament de l'Uruguai. La seva presència a la ciutat es remunta a l'any 1974. Des de llavors s'ha establert arreu, havent-se seleccionat els individus més ben adaptats a la vida urbana. S'han detectat altes densitats de cotorres al tram alt de la Diagonal, a la Ciutadella-Zoo, a Montjuïc, a Sant Martí i a Nou Barris. La seva densitat s'explica per l'abundància d'arbres per niar i alimentar-se i l'abundància de gent gran, que els proporciona menjar -pot assolir el 35% de la dieta-. Altres fons d'aliment són la gespa, els fruits, les llavors i les flors d'arbres com palmeres, lledoners, xiprers i pins. Els nius els pot fer en arbres (98%) o estructures urbanes (2%), amb preferència per les palmeres (>65%). Mercès al marcatge amb medalles sabem que la distància mitjana de desplaçament diari es d'uns 400 metres i, en dispersió, d'uns 1.100m, per bé que hi ha un registre de 70 km.

### **Espècies que exerceixen control biològic d'espècies plaga**

S'inclouen en aquest grup els insectes de determinats grups (invertebrats com els sírfids, els mírids o les marietes), els ocells insectívors, un ocell rapinyaire com el falcó pelegrí (que pot realitzar cert control sobre les poblacions de coloms i cotorres en la seva mesura), els mamífers quiròpters i alguns amfibis que podrien realitzar un control biològic de determinades plagues fitosanitàries (mosquits, processionària del pi, etc.).

Pel que fa als ocells insectívors les espècies que exerceixen un control biològic més important sobre les poblacions de mosquits són les orenetes, les mallerengues i els tallarols ja que tenen poblacions estivals importants dins la ciutat, període en què els mosquits ocasionen més problemes.

L'anàlisi de les dades del Seguiment d'Ocells Comuns de Catalunya (SOCC) a Barcelona en època de cria i durant el període 2004-2015 revela que el cargolet (*Troglodytes troglodytes*) és l'ocell que ha patit el declivi més notable, catalogat com a "disminució forta". Hi ha, a més, 4 altres espècies d'ocells insectívors que també estan en declivi però de menor magnitud – "disminució moderada". Aquestes espècies són la mallerenga carbonera (*Parus major*), la bosqueta vulgar (*Hippolais polyglotta*), el rossinyol (*Luscinia megarhynchos*) i la puput (*Upupa epops*). Que del total de 8 espècies d'ocells en disminució que hi ha a la ciutat n'hi hagi 5 que siguin espècies insectívores no és una dada positiva per a la ciutat oimés si comptem que entre les 2 que estan en augment (tudó i tórtora turca) cap d'ella és de dieta insectívora.

Entrant més al detall i pel que fa a les espècies de mallerengues que consumeixen més insectes i araneids -mallerenga carbonera (*Parus major*) i mallerenga blava (*Cyanistes caeruleus*)- aquestes tenen densitats rellevants a tota la ciutat, especialment en zones amb parcs amb arbres madurs o amb presència de caixes niu, on troben més possibilitats de nidificació. Dels itineraris de Seguiment d'Ocells Comuns de Catalunya (SOCC) que existeixen a la ciutat, el de la Verneda-Sagrera és el que detecta densitats més baixes amb 0,5 individus de mallerenga blava i 1,6 de mallerenga carbonera estivals de mitjana en el transecte de 3km, mentre que en els itineraris de Montjuïc es detecten entre 7 i 15,6 individus de mallerenga

blava i entre 17 i 23,8 individus de mallerenga carbonera de mitjana. A Collserola s'observen densitats similars a Montjuïc.

Hi ha dues espècies d'orenetes nidificants a la ciutat: l'oreneta cua-blanca (*Delichon urbicum*) i l'oreneta vulgar (*Hirundo rustica*). L'oreneta vulgar mostra una distribució més homogènia a tota la ciutat amb densitats màximes a l'entorn dels parcs del litoral de 13,9 individus de mitjana observats en el SOCC en un transecte de 3 km i mínimes de 0,3 individus en el SOCC de Diagonal. Mentre que l'oreneta cua-blanca mostra una distribució molt més irregular, amb zones d'elevada presència (Montjuïc) i zones on és inexistent (Diagonal, Sant Martí, Guinardó o Sant Andreu). A més dues espècies d'apodiformes, el falciot negre (*Apus apus*) i el ballester (*Apus melba*) són de dieta insectívora estricta. Això sí, s'alimenten sovint a gran alçada i gairebé sempre a més alçada que les orenetes vulgars –les que cacen en els estrats aeris més inferiors- o les orenetes cuablanques –més amunt-.

També crieu al municipi determinades espècies d'ocells com la puput (*Upupa epops*) o el cucut (*Cuculus canorus*) que mengen larves de processionària del pi exercint cert control sobre l'espècie. Pel que fa al cucut, és present a les zones agro-forestals de Collserola, mentre que a la ciutat és inexistent. La puput en canvi és més present en parcs i jardins grans de Barcelona que a les zones forestals de Collserola.

Pel que fa als quiròpters a Collserola els dos indrets de més interès per aquest grup se situen fora del municipi de Barcelona: La Mina de Can Rabella d'interès pels quiròpters estrictament cavernícoles i la Font Groga, d'interès per als ratpenats forestals.

A la ciutat de Barcelona s'han detectat 8 espècies de quiròpters en un estudi realitzat a la Foixarda (Serra-Cobo, J., 2014). D'aquestes espècies es comptava amb 6 d'elles: la pipistrel·la nana (*Pipistrellus pygmaeus*), la pipistrel·la comuna (*Pipistrellus pipistrellus*), la pipistrel·la de vores clares (*Pipistrellus kuhlii*), el ratpenat muntanyenc (*Hypsugo savii*), el ratpenat dels graners (*Eptesicus serotinus*) i el ratpenat de cua llarga (*Tadarida teniotis*). No es preveia detectar esporàdicament el ratpenat de musell llarg (*Myotis myotis*) o el ratpenat de musell agut (*Myotis blythii*), espècies molt similars que no s'han pogut diferenciar amb el crit i prou. L'altra espècie inesperada és el ratpenat de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*) que és la primera vegada que es cita a Barcelona, amb molt poques cites al país malgrat que, darrerament, s'ha detectat al Delta del Llobregat. A esmentar que no s'ha detectat ni el ratpenat orellut meridional (*Plecotus austriacus*) -detectat el 1918 per primera vegada- ni el ratpenat de cova (*Miniopterus schreibersii*) que se sap que passa en migració per l'àrea metropolitana i que se'n va recapturar un al centre de la ciutat anellat a Sant Llorenç del Munt. La muntanya de Montjuïc, pròxima al mar i a rutes migratòries, a prop de les zones humides i agràries del Delta del Llobregat i la principal àrea verda del nucli urbà de la ciutat pot ser una zona d'especial interès per als ratpenats.

Totes aquestes espècies tenen un marcat caràcter antropòfil i es refugien en escletxes i fissures, estructures que abunden a les ciutats i, per aquest motiu, són distribuïdes per bona part de la zona urbana. Els parcs i jardins no contribueixen a la riquesa d'espècies de ratpenats presents, en tant que no poden oferir refugis prou bons com per allotjar espècies no tan generalistes, però sí que semblen ser importants quant a la provisió d'aliment. L'activitat observada en molts d'ells suggeriria la importància d'aquesta funció. En relació a aquesta funció, un element fonamental és la presència d'aigua, la qual afavoreix l'activitat dels ratpenats, ja que moltes de les preses dels ratpenats es reproduïxen i concentren en hàbitats del medi aquàtic. Els valors d'activitat més baixos es troben precisament en els parcs que no

compten amb punts d'aigua. A més, s'ha trobat una presència superior de quiròpters en aquelles basses que tenen vegetació associada, aquàtica o circumdant (García-Rodríguez, 2008).

Tots aquests quiròpters consumeixen una gran quantitat de mosquits, fet que ajuda a realitzar un control d'aquests.

Els amfibis poden realitzar també cert control sobre les seves poblacions en parcs urbans. En aquest sentit, la caracterització de les poblacions d'amfibis existents a la ciutat s'ha realitzat ja en l'apartat anterior.

Un dels altres grups d'animals que poden realitzar un control biològic sobre plagues són determinats insectes com els sírfids, els mírids i les marietes, que poden generar un control biològic sobre plagues com el pugó, la mosca blanca o les pasteretes.

Finalment, també cal esmentar el cas del falcó pelegrí que realitza cert control sobre les poblacions de coloms i cotorres de pit-gris, si bé la dinàmica poblacional d'aquestes espècies està més condicionada per d'altres factors.

### **Pol·linitzadors i dispersors de llavors**

Pel que fa als pol·linitzadors existeixen diversos ordres d'insectes que realitzen aquesta funció dins l'àmbit, els més rellevants de tots són els himenòpters (abelles, borinots, formigues i vespes), i principalment les abelles (sèrie apiformes) que són els visitants més freqüents de les flors. L'ordre dels dípters (mosques) seria el segon grup que més freqüentment visita les flors. Els lepidòpters (papallones i arnes) són un altre ordre important de pol·linitzadors tot i que no consumeixen pol·len, les famílies més importants per a la pol·linització són les que consumeixen el nèctar de les flors: *Sphingidae*, *Noctuidae* i *Geometridae* entre les arnes, i *Hesperiidae* i *Papilionidae* entre les papallones. Finalment, els coleòpters (escarabats) també són pol·linitzadors però més generalistes.

Existeix un coneixement baix de les poblacions d'espècies dins aquests ordres al municipi de Barcelona. L'única informació disponible és la que proporciona el Pla de Seguiment de Ropalòcers de Catalunya (en el marc del programa Catalan Butterfly Monitoring Scheme-CBMS) per a les papallones diürnes.

A l'itinerari nº8 del CBMS de Can Ferriol (Collserola), situada entre els municipis de Barcelona i Sant Feliu de Llobregat, s'han detectat fins a 66 espècies diferents de papallones, amb una mitjana de detecció de 49 espècies i 2.600 exemplars l'any.

Les espècies més freqüents són la blanqueta de la col (*Pieris rapae*), la cleòpatra (*Gonepteryx cleopatra*), la marroneta de l'alzina (*Satyrrium esculi*), la margenera comuna (*Lasiommata megera*), la saltabardisses de solell (*Pyronia cecilia*), la saltabardisses cintada (*Pyronia bathseba*), la bruna dels prats (*Maniola jurtina*) i el faune ziga-zaga (*Hipparchia fidia*).

Dins de la ciutat de Barcelona existeixen dos itineraris més del CBMS, un a Montjuïc i un altre al turó del Carmel (itineraris 144 i 125). En aquests itineraris el nombre d'espècies detectades baixa notablement. En el cas de Montjuïc s'han detectat 26 espècies, amb una mitjana de detecció de 23 espècies i 712 exemplars l'any. En el cas del turó del Carmel s'han detectat 27 espècies, amb una mitjana anual de 21 espècies i 647 exemplars.

Les espècies més freqüents al turó del Carmel són la blanqueta de la col (*Pieris rapae*), la saltabardisses de solell (*Pyronia cecilia*), la margenera comuna (*Lasiommata megera*), la papallona reina (*Papilio machaon*), la saltabardisses cintada (*Pyronia bathseba*) i la papallona zeburada (*Iphiclides feisthamelii*). A Montjuïc, en canvi, són més comunes la saltabardisses cintada (*Pyronia bathseba*) i la bruna boscana (*Pararge aegeria*).

Sigui com sigui les espècies de papallones associades als prats secs mediterranis estan en franca davallada.

Pel que fa als dispersors de llavors, i dins el gran grup d'espècies que d'una o altra manera exerceixen aquesta funció, destaquen com espècies clau els grups dels túrdids (merla, tord, griva, etc.), el gaig (*Garrulus glandarius*), la guineu (*Vulpes vulpes*), la fagina (*Martes foina*) o el gat mesquer (*Genetta genetta*) per les llargues distàncies que són capaços de recórrer. En àrees urbanes la merla (*Turdus merula*) presenta densitats rellevants en tots aquells teixits urbans amb elevat percentatge de verd i parcs urbans. El tord, el gaig, la guineu, la fagina o el gat mesquer són freqüents a l'àmbit de Collserola, i en el cas del tord i el gaig, poden freqüentar aquells parcs periurbans més forestals de la ciutat.

A Collserola, el gaig (*Garrulus glandarius*) ocupa una posició fonamental en la disseminació de llavors de les espècies arbòries del gènere *Quercus* i, consegüentment, en el procés de successió ecològica de les formacions vegetals de tipus pinedes (boscos secundaris joves o plantats) cap a les formacions vegetals climàtiques de tipus alzinars-rouredes (boscos secundaris tardans i madurs). En aquest sentit el gaig es classifica com una espècie-clau en els ecosistemes formats per boscos de *Quercus*, atès que qualsevol impacte important sobre aquesta espècie podria repercutir de forma molt negativa en el procés de renovació natural dels individus més vells de roures i alzines per als més joves (Guix, 2003).

### **Espècies bioindicadores de canvis ambientals**

En aquest grup s'hi inclouen, principalment, els ocells i els ropalòcers, dos grups amb una diversitat d'espècies notable i que mantenen itineraris de seguiment de les seves poblacions a la ciutat (CBMS i SOCC), fet que els configura com a bioindicadors d'impactes en determinats ambients i permet fer un seguiment de les seves tendències poblacionals.

Al municipi de Barcelona existeixen 3 itineraris per al seguiment de les poblacions de papallones (CBMS) a Can Ferriol (Collserola), Montjuïc i el turó del Carmel. Pel que fa als ocells, l'estació de Can Balasc està dins el programa SYLVIA d'anellament d'ocells amb esforç constant, existeixen 11 itineraris dins el municipi del projecte de Seguiment d'Ocells Comuns a Catalunya (SOCC) i al turó de la Magarola des del 1988 que es realitza el seguiment de la migració de rapinyaires.

Les poblacions i espècies més comunes de papallones al municipi de Barcelona ja s'han descrit en l'apartat d'espècies pol·linitzadores, així doncs, en aquest apartat es caracteritzen quines són les espècies d'ocells més freqüents.

El nombre d'ocells nidificants regulars, segons l'atles d'ocells nidificants de Barcelona 2012-2014, és de 83 espècies.

Per ambients, les espècies més comunes als boscos de Collserola són la mallerenga emplomallada (*Lophophanes cristatus*), la mallerenga carbonera (*Parus major*), la mallerenga

petita (*Periparus ater*), el picot verd (*Picus viridis*), el raspinell comú (*Certhia brachydactyla*), el rossinyol del Japó (*Leiothrix lutea*), el pit-roig (*Erithacus rubecula*), el pinsà comú (*Fringilla coelebs*), el mosquiter pàl·lid (*Phylloscopus bonelli*), l'esperver (*Accipiter nisus*), la merla (*Turdus merula*), la mallerenga blava (*Cyanistes caeruleus*), el bruel (*Regulus ignicapilla*), el gaig (*Garrulus glandarius*), el tallarol de casquet (*Sylvia atricapilla*), el cargolet (*Troglodytes troglodytes*), el tudó (*Columba palumbus*), el gamarús (*Strix aluco*) i el picot garser gros (*Dendrocopos major*).

Als boscos de ribera de Collserola hi abunden l'oriol (*Oriolus oriolus*), el rossinyol bord (*Cettia cetti*), la mallerenga cuallarga (*Aegithalos caudatus*), la polla d'aigua (*Gallinula chloropus*), el tord (*Turdus philomelos*), el pica-soques blau (*Sitta europaea*) o la cuereta torrentera (*Motacilla cinerea*).

Als matollars, brolles i prats secs de Collserola, són comuns el tallarol de garriga (*Sylvia cantillans*), el tallarol capnegre (*Sylvia melanocephala*), la tallareta cuallarga (*Sylvia undata*), el rossinyol (*Luscinia megarhynchos*), el xoriguer (*Falco tinnunculus*), el bitxac (*Saxicola torquata*) o l'abellarol (*Merops apiaster*).

Als espais periurbans apareixen amb més freqüència el gafarró (*Serinus serinus*), la cadenera (*Carduelis carduelis*), el verdum (*Carduelis chloris*), la puput (*Upupa epops*), el mussol (*Athene noctua*), la tórtora turca (*Streptopelia decaocto*), la cuereta blanca (*Motacilla alba*), la garsa (*Pica pica*), l'oreneta cuablanca (*Delichon urbicum*) o l'oreneta vulgar (*Hirundo rustica*).

Als espais urbans, inclosos els parcs urbans són comuns el gavià argentat (*Larus michahellis*), el colom roquer (*Columba livia*), la cotorreta de pit gris (*Myiopsitta monachus*), el ballester (*Apus melba*), el falciot negre (*Apus apus*), la cotxa fumada (*Phoenicurus ochruros*), el mosquiter comú (*Phylloscopus collybita*), el papamosques gris (*Muscicapa striata*), la gralla (*Corvus monedula*), l'estornell vulgar (*Sturnus vulgaris*) o el pardal comú (*Passer domesticus*).

A la franja litoral, platges i mar, apareixen amb freqüència la gavina vulgar (*Larus ridibundus*), la baldriga balear (*Puffinus mauretanicus*), el mascarell (*Morus bassanus*), el corb marí emplomallat (*Phalacrocorax aristotelis*), el corb marí gros (*Phalacrocorax carbo*), la gavina corsa (*Larus audouinii*) o el xatrac becllarg (*Sterna sandvicensis*).

A tall de resum es pot concloure mercès a l'estudi durant 11 anys (2004-2015) que hi ha a Barcelona:

- 8 espècies en declivi: el cargolet (*Troglodytes troglodytes*), el verdum (*Carduelis chloris*), el gafarró (*Serinus serinus*), la merla (*Turdus merula*), la mallerenga carbonera (*Parus major*), la bosqueta vulgar (*Hippolais polyglotta*), el rossinyol (*Luscinia megarhynchos*) i la puput (*Upupa epops*).
- 6 espècies amb tendència estable: garsa (*Pica pica*), tallarol cap-negre (*Sylvia melanocephala*), pit-roig (*Erithacus rubecula*), mallerenga blava (*Parus caeruleus*), estornells negre/vulgar (*Sturnus sp.*) i falciot negre (*Apus apus*)
- 2 espècies en augment: tudó (*Columba palumbus*) i tórtora turca (*Streptopelia decaocto*)

En general tot indica que les espècies autòctones d'ocells decauen mentre puguen les assilvestrades. La davallada de les espècies autòctones a l'hivern és més acusada i podria ser causada pel canvi climàtic pels possibles hiverns més rigorosos a centre-europa.

Semblantment, les espècies generalistes estan en augment mentre davallen les especialistes.

Quant als ocells compta més la qualitat de l'hàbitat (recer, rebost, joca, etc.) que no pas la connectivitat.

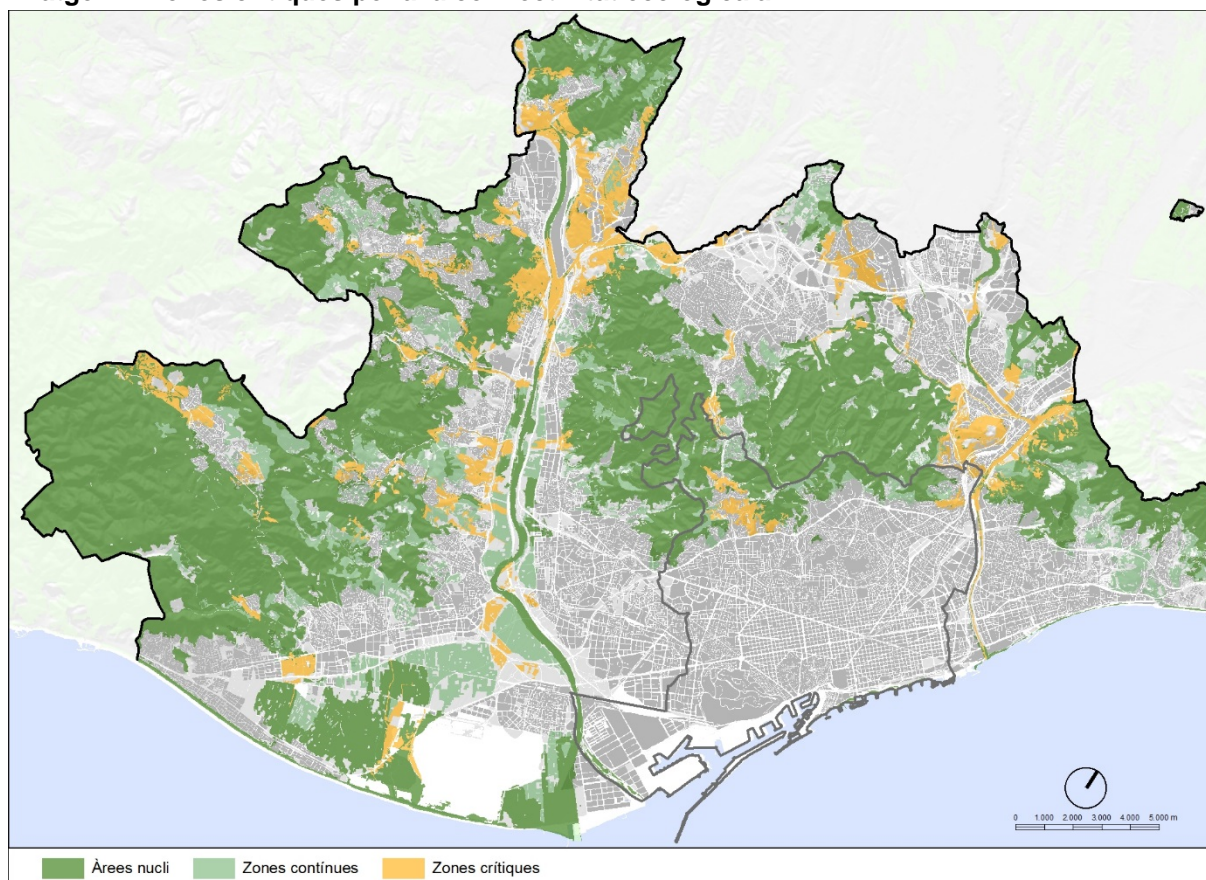
### 2.1.3. Funcionalitat ecològica i serveis ecosistèmics

#### Connectivitat ecològica i problemàtiques de fragmentació

A nivell de la funcionalitat ecològica de la xarxa de grans espais agro-forestals de l'Àrea Metropolitana de Barcelona, dins el municipi de Barcelona, existeixen dues zones amb problemàtiques rellevants:

- La zona de Vallvidrera – Les Planes a l'entorn de l'eix de la carretera C-16, que se situa en l'eix que fragmenta en dues parts el parc de Collserola, generant un efecte barrera entre la part nord-oriental i la part sud-occidental de la serra.
- La zona dels espais oberts de Trinitat Nova i Vallbona, que se situen a la zona del punt crític de Montcada i Reixac, on els eixos de comunicació d'entrada a Barcelona (C-58, C-33, C-17, i vies de ferrocarril) generen una fragmentació molt important en la continuïtat de la Serralada Litoral. En aquest espai, tots aquells espais oberts que es conserven a l'àmbit i que ajuden a apropar ecològicament les continuïtats agro-forestals de Collserola i la Serralada de Marina, tenen un valor estratègic per a la connectivitat ecològica.

**Imatge 11: Zones crítiques per a la connectivitat ecològica a l'AMB**



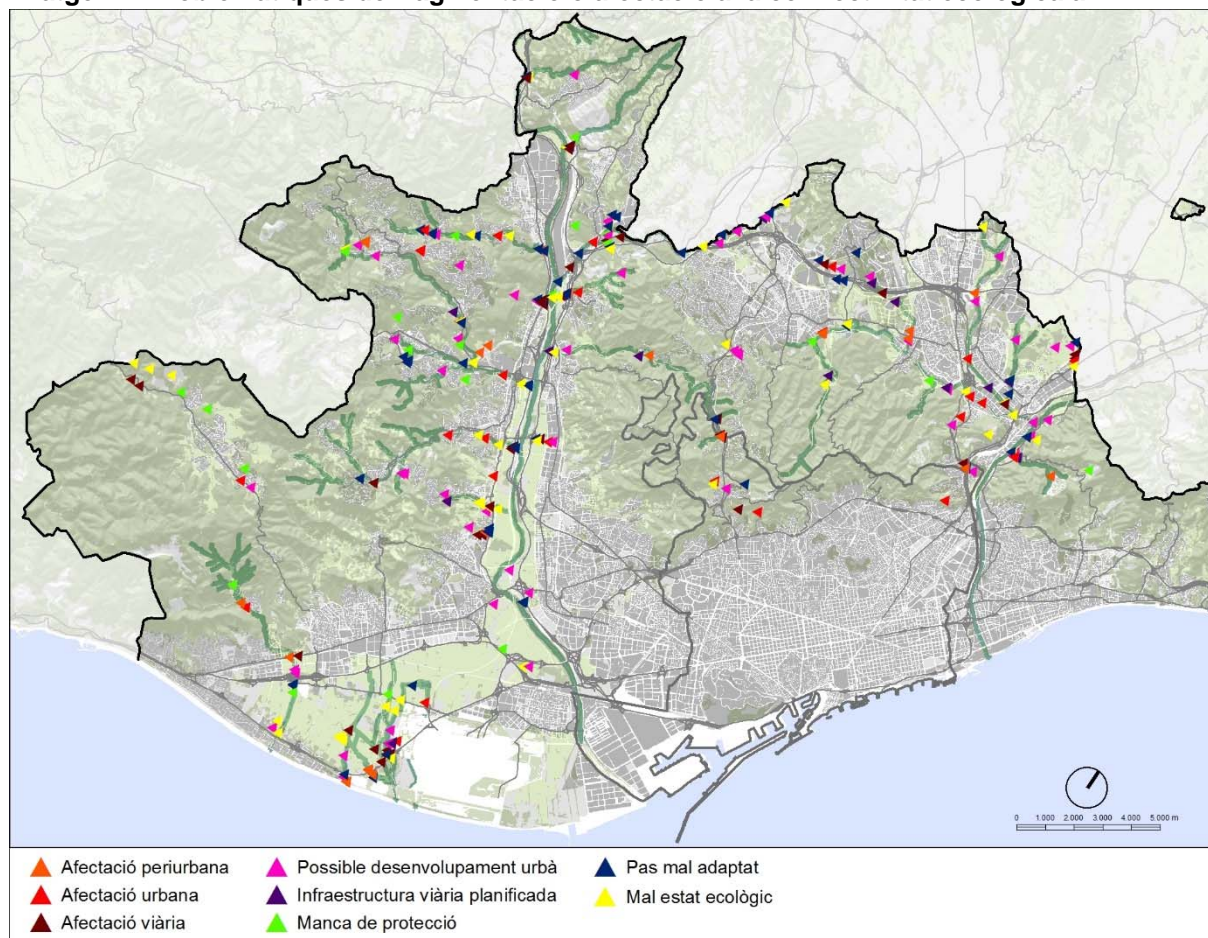
Font: Oportunitats de millora de la funcionalitat ecològica i paisatgística dels espais oberts de l'AMB: Connectivitat ecològica i problemàtiques de fragmentació.

L'estudi "Oportunitats de millora de la funcionalitat ecològica i paisatgística dels espais oberts de l'AMB: Connectivitat ecològica i problemàtiques de fragmentació" caracteritza en detall quines són les problemàtiques existents en aquestes dues zones crítiques.

A l'àmbit de Vallvidrera-Les Planes s'hi detecten problemàtiques d'afectació viària, per la presència de la carretera BV-1462 amb passos mal adaptats per la fauna sobre el torrent de la Budellera. Afectacions urbanes per la presència de nuclis urbans dispersos amb elevada proporció de carrers que generen una extensa vora d'espais forestals amb espais urbans. Possibles desenvolupaments urbans en forma d'equipament o zona verda que podrien agreujar l'efecte barrera de l'àmbit. Mal estat ecològic d'alguns espais per la freqüentació o la presència d'espècies exòtiques invasores.

A l'àmbit de Trinitat Nova – Vallbona s'hi detecten sobretot afectacions urbanes i periurbanes consistents a edificacions fora d'ordenació, magatzems de materials, i altres activitats periurbanes que ocupen àmbits importants per a la connectivitat ecològica i que malmeten l'estat ecològic d'alguns espais.

**Imatge 12: Problemàtiques de fragmentació o afectació a la connectivitat ecològica a l'AMB**

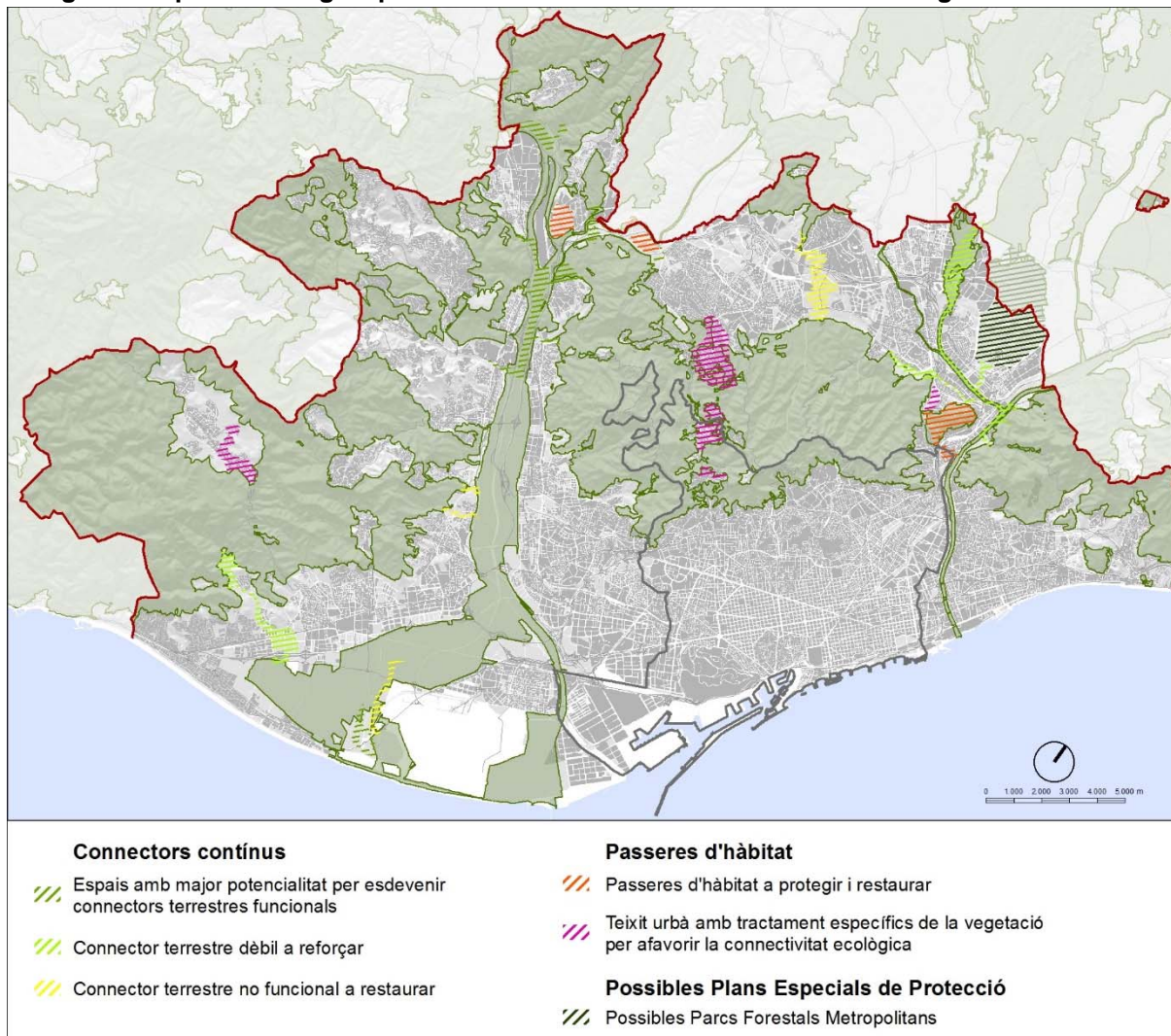


Font: Oportunitats de millora de la funcionalitat ecològica i paisatgística dels espais oberts de l'AMB: Connectivitat ecològica i problemàtiques de fragmentació.



L'estudi acaba determinant quins àmbits són més estratègics per a millorar preservar i millorar la connectivitat ecològica a l'AMB. En aquest sentit, i dins l'àmbit del municipi de Barcelona, destaca la funció de passera d'hàbitat que poden desenvolupar el turó de Vallbona o els espais intersticials i la vegetació existents en els nuclis urbans de Vallvidrera i les Planes per tal de disminuir l'efecte barrera que hi ha en aquests àmbits.

**Imatge 13: Espais estratègics per conservar i millorar la connectivitat ecològica a l'AMB**



Font: Oportunitats de millora de la funcionalitat ecològica i paisatgística dels espais oberts de l'AMB: Connectivitat ecològica i problemàtiques de fragmentació.

### **Altres funcions ecològiques dels espais forestals i dels espais verds urbans de Barcelona**

Els espais forestals de Collserola desenvolupen una funció molt important de suport per a moltes espècies d'aus migratòries de llarg recorregut que transcorren per la ruta litoral i s'aprofiten de l'aliment i refugi que troben en aquest espai.

A Collserola, predominen les recuperacions d'anellament científic d'aus d'individus de la zona centreeuropea (Alemanya, França i Suïssa), però també trobem ocells escandinaus i dels països de l'Est. Cal ressaltar la manca de controls d'ocells britànics o de l'oest europeu. Totes

les recuperacions són d'ocells anellats entre finals d'agost i setembre i controlats durant el mes d'octubre. Els ocells marcats a Collserola el mes d'octubre, han estat controlats a les terres del sud (Màlaga i Algèria). Queda clara la importància que té la Serra de Collserola com a zona de pas a la tardor. En ser una zona rica en aliment en aquestes dates, fa que sigui una escala fonamental per a ocells petits, gràcies a les provisions que tenen a Collserola (cireretes d'arboç, heurons, fruits del marfull, etc.) poden completar el llarg viatge que emprenen cap a les terres del sud per passar l'hivern. (Rodríguez i Sales, 1997).

Més enllà de la funcionalitat de les xarxes de grans espais agro-forestals, però, els espais verds interiors a la trama urbana també poden desenvolupar funcions ecològiques rellevants per a la conservació de la biodiversitat.

Una d'elles és el suport que poden realitzar als ocells migratoris que transiten per la ruta litoral (una de les principals rutes migratòries entre Àfrica i el nord d'Europa). Aquests espais poden esdevenir zones d'alimentació, descans i refugi, especialment les més properes al litoral. En aquest sentit espais com els de Montjuïc, Ciutadella o Diagonal Mar, poden oferir aquesta funció de suport.

Una altra funció rellevant és la de zones d'hivernada per a espècies del nord i centre d'Europa que busquen espais amb major confort tèrmic i aliment per passar l'hivern. Les zones verdes urbanes poden complementar els espais forestals de Collserola en aquest sentit. Espais com els Tres Turons, el Parc del laberint d'Horta o el Parc de l'Oreneta, el turó del Putget o el turó de la Peira, poden exercir una funció important per la seva proximitat a Collserola.

Finalment, una altra funció rellevant dels espais verds urbans pot ser el manteniment de metapoblacions d'amfibis que, en determinats moments, poden servir de suport a les metapoblacions presents en espais agro-forestals. Els espais verds urbans esdevenen illes vegetades amb presència de masses d'aigua permanent en les quals els amfibis poden viure sense una pressió tant forta de determinants depredadors i sense patir de manera tan acusada l'efecte de períodes de sequera.

Les metapoblacions d'amfibis a la ciutat estan especialment reforçades a la zona de Montjuïc i a la zona del Laberint d'Horta-Palau de les Heures, ja que s'hi concentren punts d'aigua on es reproduïxen diverses espècies d'amfibis.

En el cas de Collserola, la majoria d'espècies gaudeixen d'una bona connectivitat de les seves metapoblacions, excepte el cas de la granoteta de punts que segurament requeriria de més espais aptes entre la zona de Vallvidrera i les poblacions existents al nord de Montbau.

També s'observa una baixa presència de metapoblacions de gripau comú, que possiblement es concentrin en llocs molt determinats dels vessants de Collserola i de gripau corredor que concentra les seves poblacions barcelonines entorn al pantà de Vallvidrera i a Santa Creu d'Olorda.

Pel que fa a les metapoblacions de reineta presents al Parc del Laberint d'Horta i als jardins del Palau de les Heures, s'observa que tenen una situació territorial estratègica envers a les metapoblacions existents al parc de Collserola per garantir la seva connectivitat ecològica.

**Imatge 14: Metapoblacions de reineta al Parc de Collserola**



Font: Llorente et al., 2003. Universitat de Barcelona. Parc de Collserola

### **Serveis ecosistèmics**

Més enllà dels valors intrínsecs i funcionals de la biodiversitat, les funcions ecològiques també es tradueixen en beneficis per als habitants del seu entorn, són els anomenats serveis ecosistèmics.

Els serveis ecosistèmics, també anomenats serveis socioambientals en els entorns urbans, són els beneficis que els humans obtenen dels ecosistemes (De Groot et al., 2002, Reid 2005), que contribueixen directament o indirectament al benestar de les persones (TEEB 2010) i que són fonamentals per al funcionament del sistema de suport de la vida a la Terra (Constanza et al. 1997). L'interès en els serveis ecosistèmics ha anat en augment els últims anys tant en la comunitat científica com en la política (Constanza et al., 2014).

La classificació d'aquests serveis es fa a partir del "Millenium Ecosystem Assessment" (MEA) desenvolupat per les Nacions Unides el 2005, que els divideix en quatre categories principals i que, a més, els inclou en els processos de planificació i presa de decisions.

Els serveis ecosistèmics són els següents:

**Serveis d'aprovisionament:** són tots aquells béns obtinguts dels ecosistemes. En són exemples la provisió d'aliments, de matèries primeres com la fusta, l'aigua dolça o les plantes medicinals.

**Serveis de regulació:** serveis obtinguts a partir dels processos ecològics. La qualitat de l'aire, l'erosió, la fixació de CO<sub>2</sub>, el control biològic i la purificació de l'aire en serien alguns exemples.

**Serveis de suport:** són aquells serveis que proporcionen les funcions ecològiques essencials per a la generació dels serveis com ara els hàbitats o la diversitat genètica.

**Serveis culturals:** són tots aquells beneficis intangibles de cara a la societat. Per exemple la salut mental i física, el turisme, l'oci o la inspiració artística.

Possibles impactes del canvi climàtic com l'increment de la temperatura, l'alteració de l'evapotranspiració potencial de la vegetació i l'alteració de la disponibilitat d'aigua dels ecosistemes poden afectar directament a molts dels serveis que els ecosistemes de Barcelona estan prestant actualment.

En aquest sentit, és necessari caracteritzar quins són els serveis ecosistèmics que actualment s'estan produint a Barcelona per avaluar posteriorment, quins possibles impactes pot tenir el canvi climàtic sobre aquests.

La quantificació i cartografia dels serveis ecosistèmics de les infraestructures verdes en àrees urbanes és crucial per millorar les estratègies de gestió i planificació del territori (TEEB 2010). No obstant això, pocs estudis han avaluat la dimensió urbana/metropolitana dels serveis ecosistèmics (Basnou et al., 2014).

Pel que fa a Barcelona, trobem diverses aproximacions, més aviat qualitatives o a través de la quantificació d'indicadors, que s'aproximen a la caracterització dels serveis ecosistèmics del municipi.

Una d'elles és el projecte ForESmap que pretén avaluar i cartografiar els serveis ecosistèmics dels boscos dels municipis de Catalunya a partir de 15 indicadors de 10 serveis ecosistèmics.

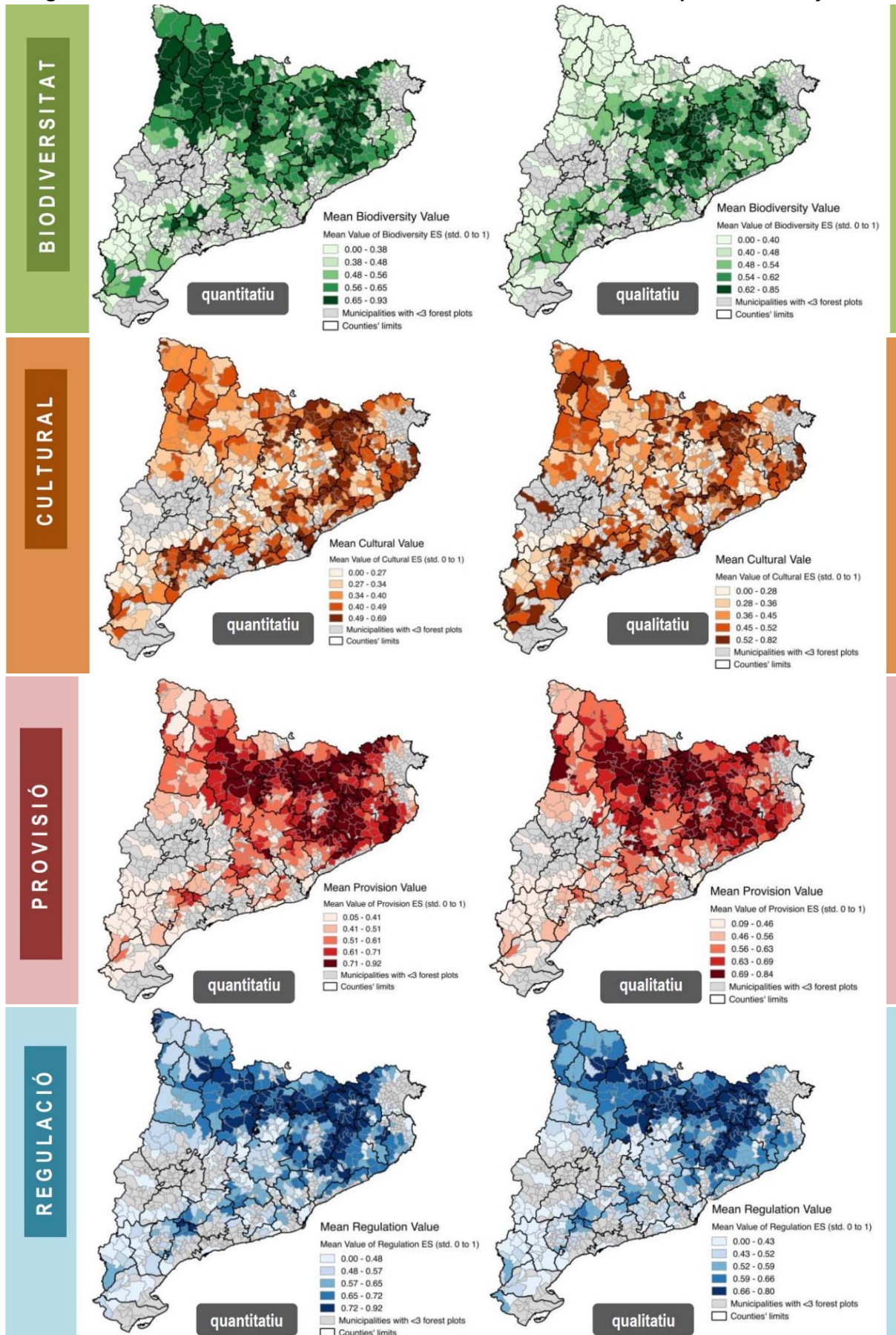
Els resultats d'aquest estudi mostren, per al municipi de Barcelona, valors baixos de prestació de serveis de provisió, regulació i biodiversitat, mentre que per als serveis culturals serien molt elevats.

A nivell dels serveis de regulació, però, Barcelona obté valoracions mitges-altes pel que fa al servei d'embornal de carboni o a la capacitat d'emmagatzematge d'aigua al sòl, i valors mitjos pel que fa a les cobertes de bosc en zones amb pendent.

A més a més, l'estudi ForESmap no valora serveis de regulació, com la purificació de l'aire que poden realitzar els boscos del municipi.

Cal dir també, que l'estudi ForESmap considera tan sols les cobertes de boscos i, per tant, no té en compte els serveis que poden oferir d'altres cobertes forestals (prats, matollars, zones humides, etc.). A més, l'estudi només pondera el servei en relació a la població receptora en el cas dels serveis culturals.

Imatge 15: Valoració dels serveis ecosistèmics dels boscos dels municipis de Catalunya

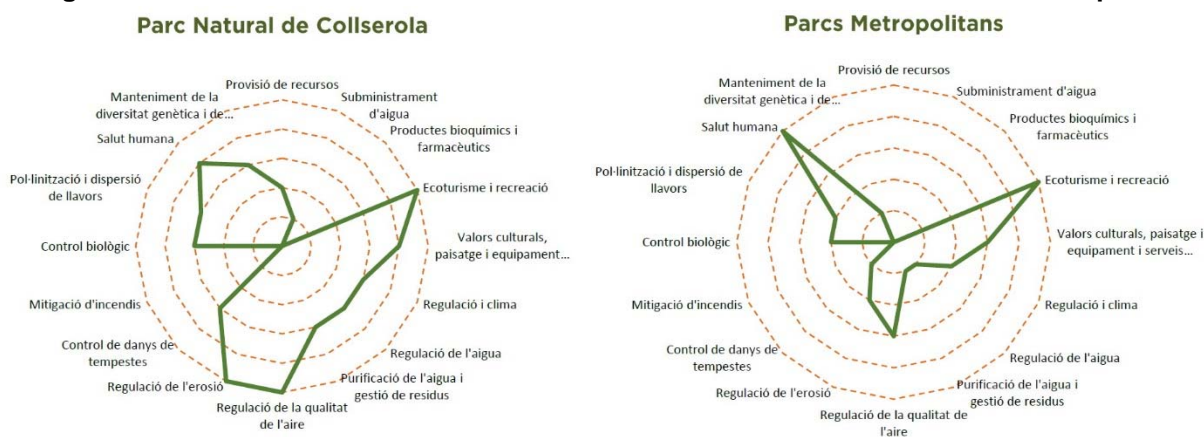


Font: ForESmap

L'estudi "Caracterització dels serveis ecosistèmics de l'Àrea Metropolitana de Barcelona i valoració dels serveis de provisió d'aliments" també realitza una aproximació qualitativa als serveis ecosistèmics del Parc Natural de Collserola del qual destaca, comparativament amb els altres espais agro-forestals de l'AMB, els serveis de regulació de l'erosió, els serveis de regulació de la qualitat de l'aire i els serveis d'ecoturisme i recreació.

L'estudi també caracteritza els serveis ecosistèmics dels parcs metropolitans, alguns dels quals es situen al municipi de Barcelona, destacant-ne el valor per a l'ecoturisme i la recreació i per a la salut humana.

**Imatge 16: Valoració relativa dels serveis ecosistèmics de Collserola i els Parcs Metropolitans**



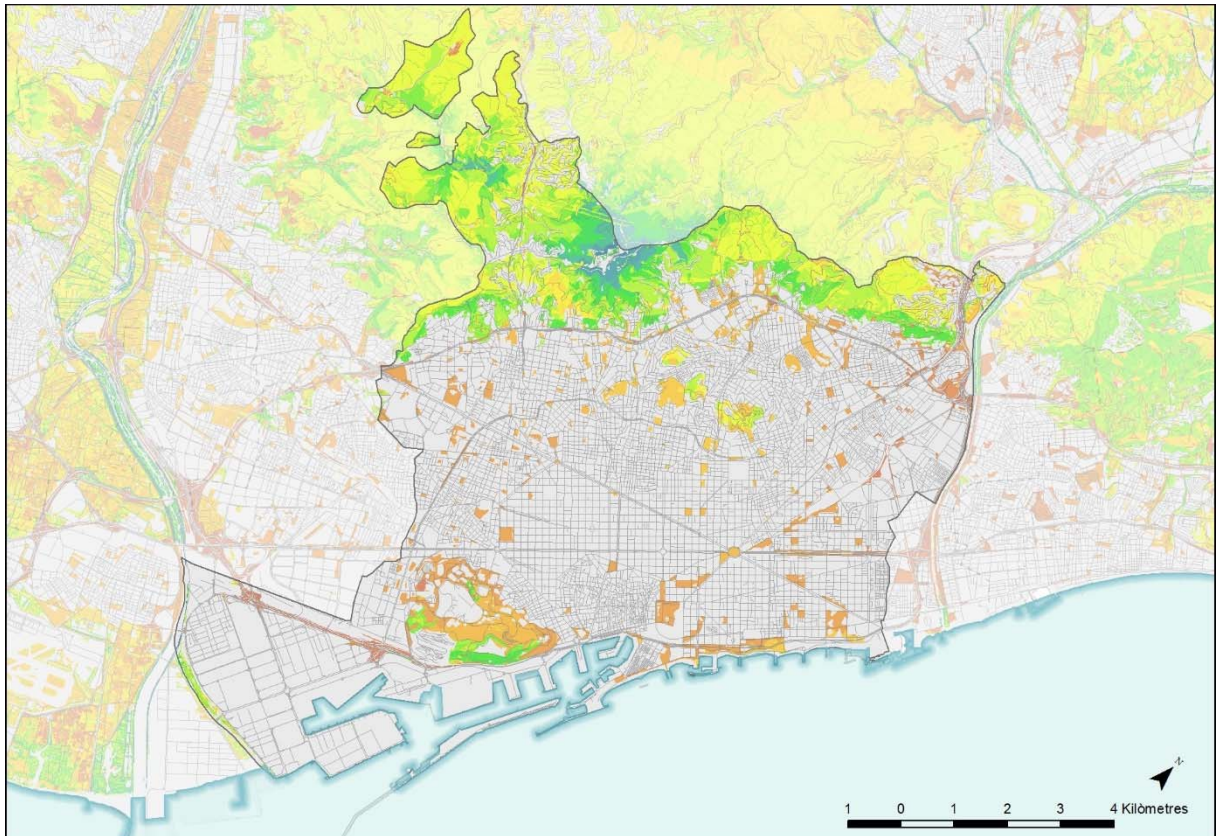
Font: Caracterització dels serveis ecosistèmics de l'Àrea Metropolitana de Barcelona i valoració dels serveis de provisió d'aliments. ENT. PSAMB. AMB.



Aproximacions paramètriques més detallades com el mapa del servei ecosistèmic de protecció enfront l'erosió i regulació de la hidrologia (Barcelona Regional, 2013), o la realitzada en l'estudi "Serveis ambientals de la infraestructura verda de l'AMB" (PSAMB. CREAL, 2014) sobre l'estoc de carboni en els boscos i matollars metropolitans, mostren com aquests serveis es distribueixen territorialment a una escala més gran.

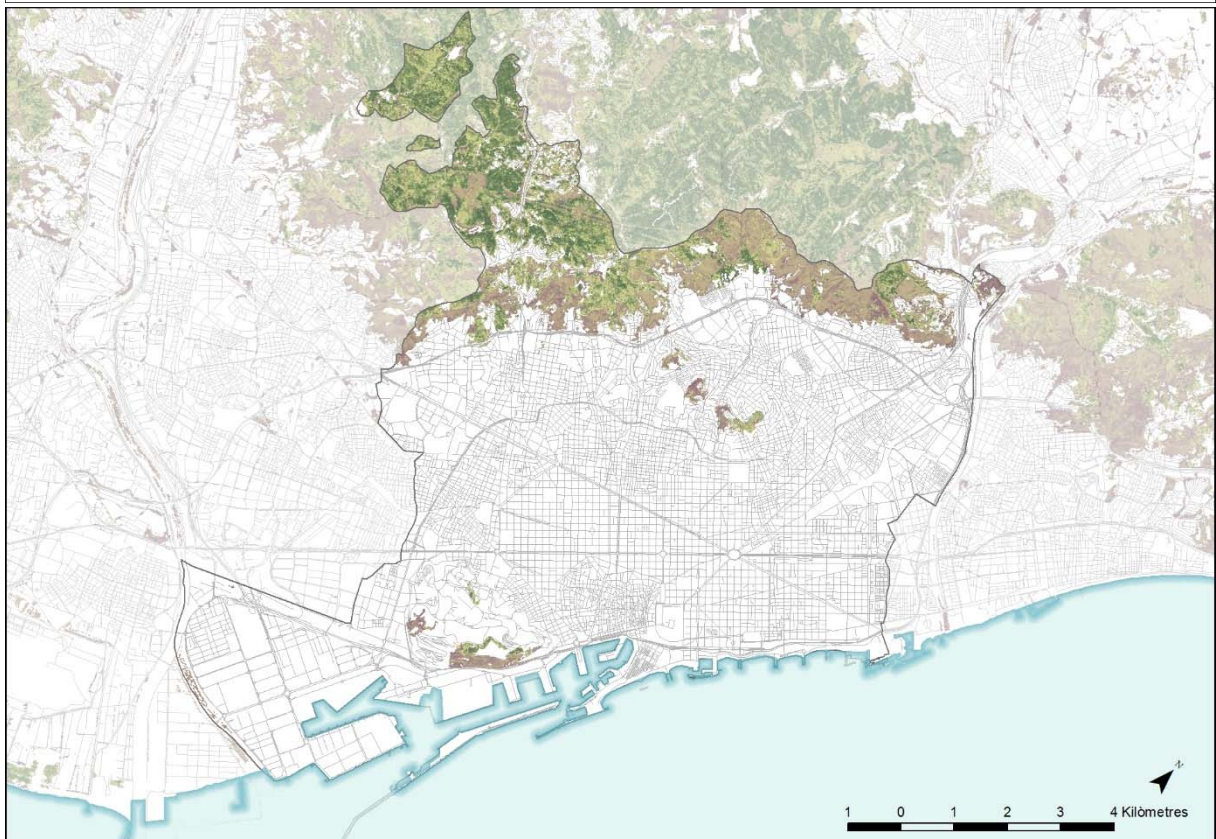
S'observa una concentració dels serveis de protecció en front a l'erosió i regulació de la hidrologia als boscos de l'entorn del Tibidabo i del turó de Can Pasqual, i en els prats i matollars dels vessants amb més pendent de Collserola i de Montjuïc.

Pel que fa a l'estoc de carboni, aquest es concentra sobretot als boscos de l'entorn de les Planes. Val a dir, però que l'estoc de carboni no és per si un servei ecosistèmic, sinó més aviat el capital natural acumulat de la consecució en el temps del servei ecosistèmic de segrest de carboni. En aquest sentit, mancaria avaluar amb noves aproximacions futures de l'estoc de carboni, quins són els ecosistemes que actualment estan realitzant un segrest més elevat de carboni.

**Imatge 17: Valoració relativa dels serveis ecosistèmics de Collserola i els Parcs Metropolitans**



 Més servei ecosistèmic de regulació de l'erosió i la hidrologia  
 Menys servei ecosistèmic de regulació de l'erosió i la hidrologia



Estoc de carboni (t/ha)	0,012 - 1,3	2,8 - 4	5,4 - 6,7	8,1 - 11	16 - 19	24 - 27	33 - 37	44 - 48	54 - 58	66 - 74
	1,4 - 2,7	4,1 - 5,3	6,8 - 8	12 - 15	20 - 23	28 - 32	38 - 43	49 - 53	59 - 65	> 75

Font: PSAMB, AMB, CREAL i Barcelona Regional

En el marc dels serveis ecosistèmics trobem que, a les ciutats, aquests serveis tot i ser els mateixos que a les zones naturals varien en el seu grau d'importància. Així doncs, en entorns urbans els serveis culturals (altrament dit serveis socials) adquireixen un pes molt més important, mentre que els serveis de suport i d'aprovisionament tenen un pes menor.

En aquest sentit la classificació dels serveis ecosistèmics establerta per estudis com l'avaluació dels ecosistemes del mil·lenni (MEA 2005b), defineix poc els serveis culturals que poden oferir les àrees verdes urbanes, ja que està pensada per espais més naturals i allunyats de l'ús diària de la població.

Per aquest motiu, estudis com "Els serveis socioambientals dels parcs de Barcelona" (Barcelona Regional, 2016), han establert una caracterització més detallada dels serveis socioambientals que els parcs i jardins poden oferir:

#### Psicològics – Espirituals

- **Inspiració artística**
- **Identitat i Història**
- **Reflexió, descans**
- **Paisatge urbà**
- **Vinculació i contacte amb la natura**

#### Esbarjo

- **Passeig**
- **Jocs a l'aire lliure**
- **Pícnic i àpats**

#### Esportius

- **Córrer**
- **Activitats esportives en espais concrets a l'aire lliure**

#### Socials

- **Trobada i relació, individual i espontània**
- **Trobada en grup i familiar**
- **Grans esdeveniments, festes i espectacles**
- **Ocupació i serveis socials vinculats a l'espai verd**
- **Educació ambiental**

#### Ordenació urbana

- **Esponjament**
- **Ordenació periurbana**

#### Ecològics i de regulació

- **Funcionalitat dels ecosistemes**
- **Regulació tèrmica**
- **Retenció carboni**
- **Millora qualitat de l'aire**
- **Infiltració i permeabilitat**

#### Turisme i economia

- **Visita turística**
- **Valorització de finques circumdants**
- **Valorització de les activitats econòmiques circumdants**

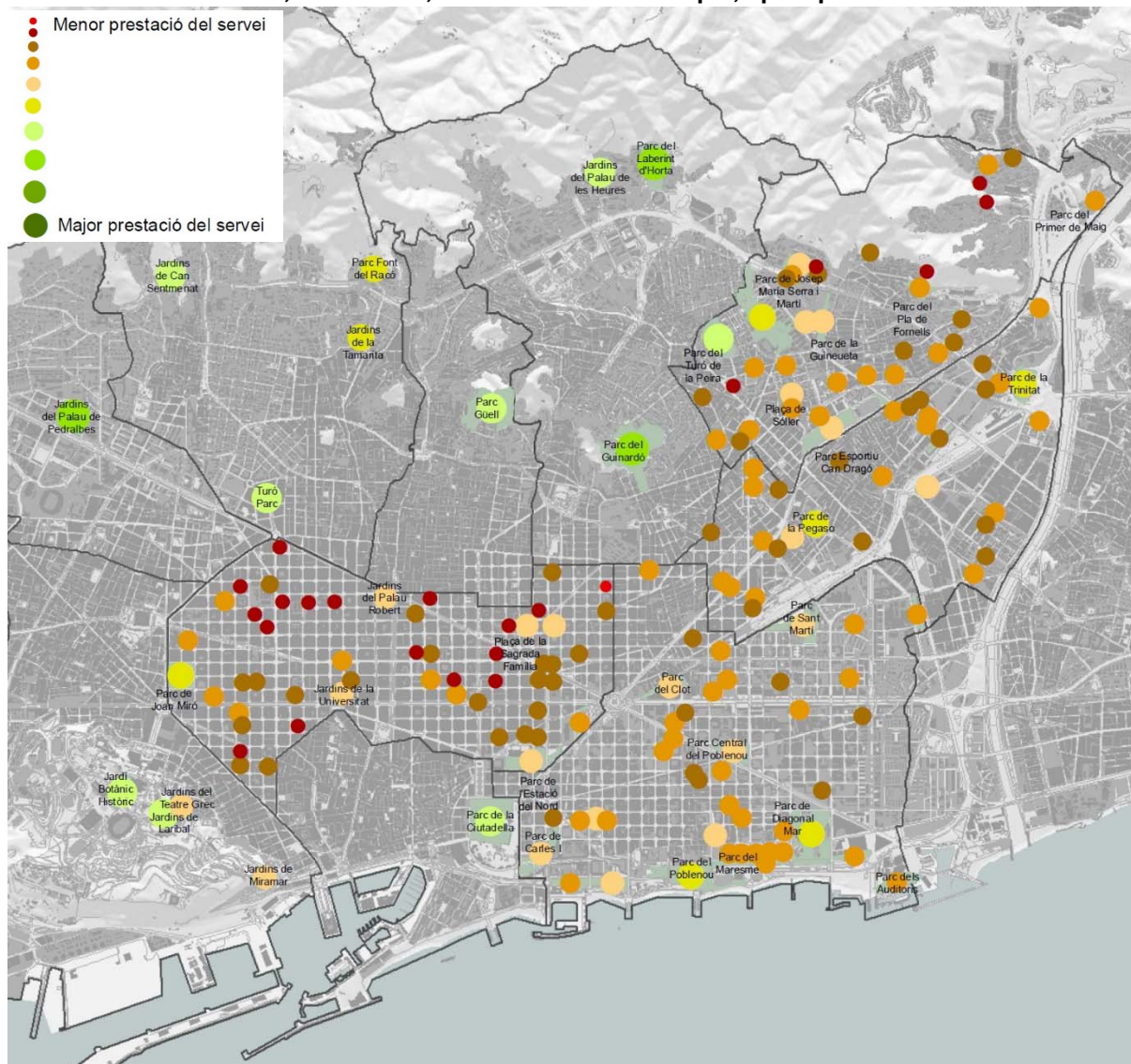
#### Salut

- **Contribució a la salut mental**
- **Beneficis per la salut física**
- **Envelliment actiu**

La caracterització d'aquests serveis dels parcs de Barcelona encara no s'ha realitzat per a tots els parcs urbans de la ciutat, però els resultats parcials ja mostren una certes característiques territorials de distribució dels serveis.

S'observa com els grans espais verds de la ciutat tenen una situació més aviat perifèrica, mentre que els espais dins del teixit urbà més dens són més petits i menys vegetats. Aquest fet fa que els espais centrals de la ciutat tinguin menys accés a serveis ecològics i de regulació dels verds urbans, fet especialment greu en el cas dels serveis de regulació, ja que els espais més centrals són els que acostumen a tenir més problemàtiques en aquest sentit (contaminació de l'aire, efecte illa de calor<sup>2</sup>).



**Imatge 18: Avaluació del servei ambiental de regulació tèrmica prestat pels parcs dels districtes de Sant Martí, Nou Barris, Sant Andreu i l'Eixample, i pels parcs històrics de la ciutat.**

Font: Barcelona Regional 2016 per Ajuntament de Barcelona – Parcs i jardins

Cal esmentar, que l'estudi i caracterització dels serveis ecosistèmics dels espais forestals i els espais verds urbans de la ciutat de Barcelona encara és molt incipient. Existeixen serveis com la regulació tèrmica de la vegetació o la purificació de l'aire que poden realitzar els ecosistemes de Collserola que encara no han estat avaluats, i una multitud de serveis que disposen tan sols d'una valoració qualitativa.

## 2.2. DINÀMIQUES ECOPAISATGÍSTIQUES A BARCELONA 1956-2009

A nivell ecològic, el canvi climàtic s'inscriu o se suma al conjunt de processos i canvis que s'han accelerat en les últimes dècades: canvis en l'ús de cobertes del sòl, fragmentació ecològica, contaminació atmosfèrica o bioinvasions. És el que s'anomena canvi global.

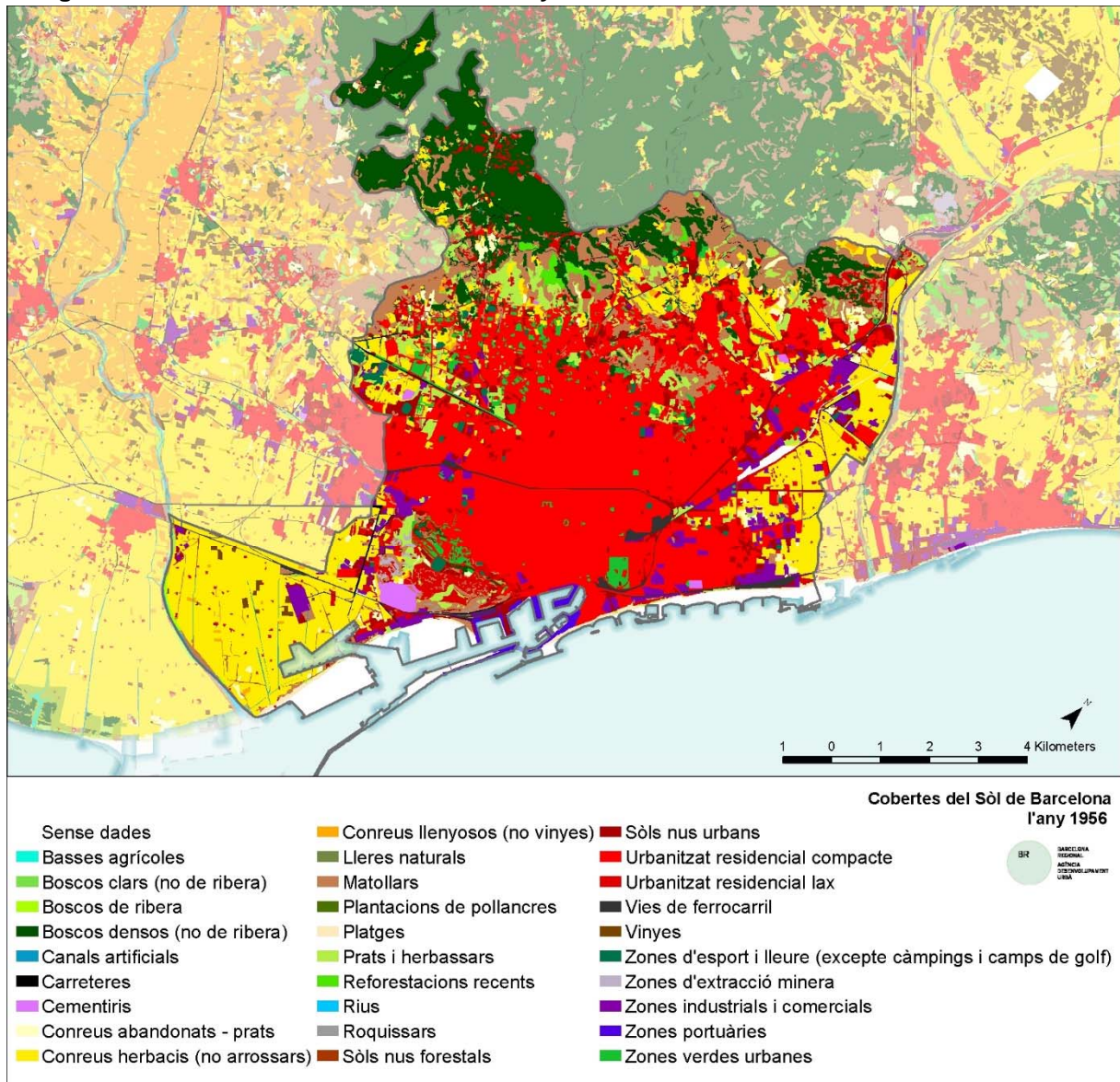
Els efectes que estan experimentant els ecosistemes a causa d'aquests canvis sinèrgics, cal inscriure'ls dins el context d'aquest canvi global, ja que tots els components d'aquest canvi formen part de una complexa xarxa d'interrelacions. Els canvis que afecten a un component repercuteixen sobre tots els altres. D'aquesta manera no es poden tractar de forma aïllada, ja que les relacions que s'estableixen entre ells són molt complexes.

En aquest sentit, és interessant caracteritzar els principals canvis i dinàmiques territorials que s'han produït al municipi de Barcelona en els darrers temps per entendre quins impactes i efectes sinèrgics poden existir entre aquests canvis i el canvi climàtic sobre la biodiversitat de la ciutat.

Per realitzar aquesta anàlisi s'han comparat els mapes de cobertes de l'any 1956, 2000-2003 i 2009-2012 per veure com ha evolucionat l'ocupació del sòl a la ciutat, quins territoris han patit canvis i quins no, quins han estat els canvis majoritaris i veure quins són els canvis territorials que s'estan produint en el període més recent.

## 2.2.1. Evolució dels usos del sòl 1956/2000/2009

Imatge 19: Cobertes del Sòl de Barcelona l'any 1956



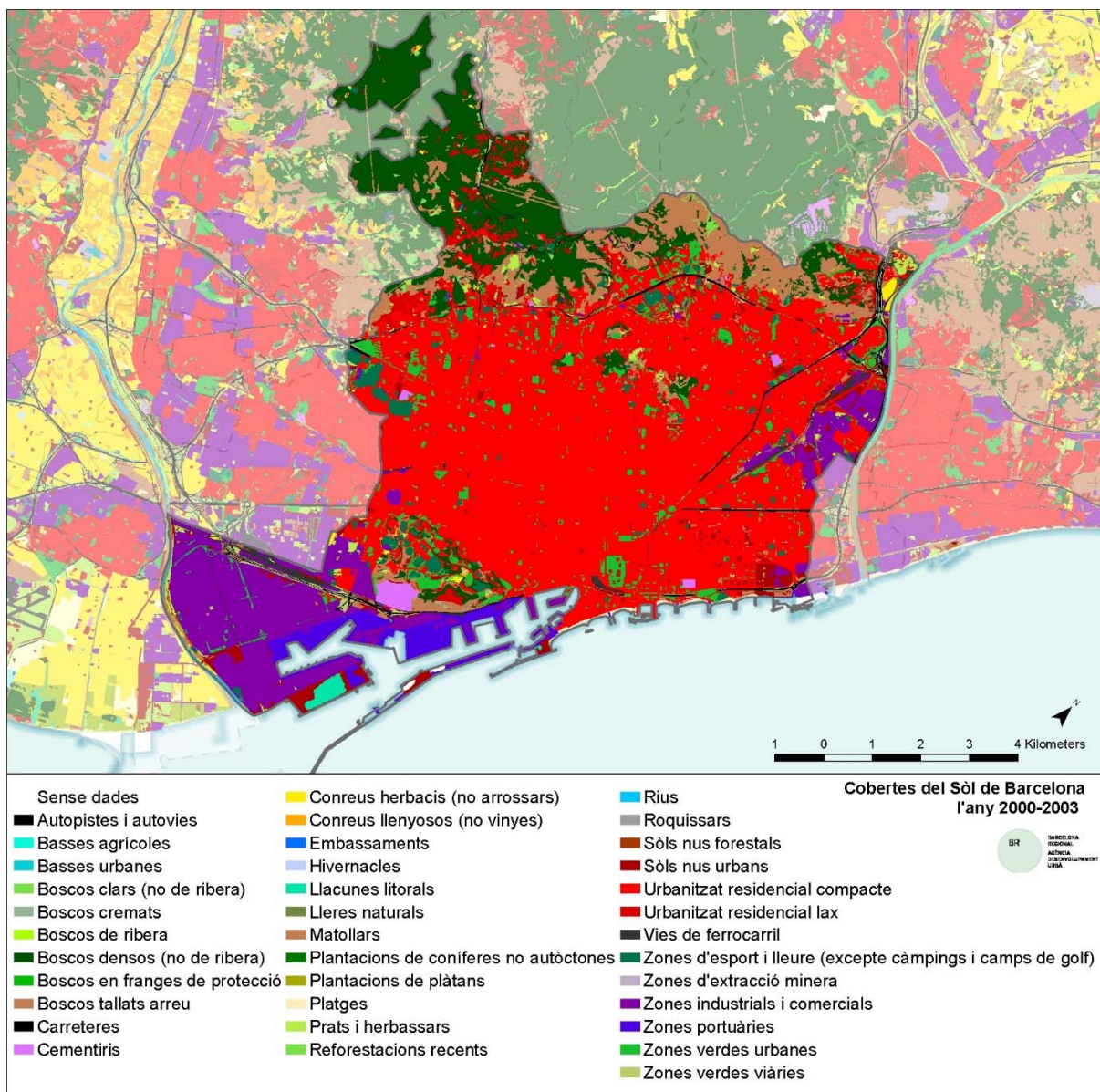
Font: Mapa de cobertes del sòl de Catalunya (CREAF)

L'any 1956 a Barcelona dominaven, sobretot, les cobertes urbanes residencials, al cor del territori municipal. Els conreus herbacis es localitzaven a la banda est i oest, respectivament -a les desembocadures del Besòs i del Llobregat- mentre que les forests es concentraven al sector nord, a l'actual parc de Collserola.

Al continu urbà de Barcelona hi havia la presència de les primeres zones industrials i comercials i cobertes d'ús urbà, però nues, preparades per ser edificades.

El port de la ciutat encara no havia patit cap gran expansió.

Imatge 20: Cobertes del Sòl de Barcelona l'any 2000-2003



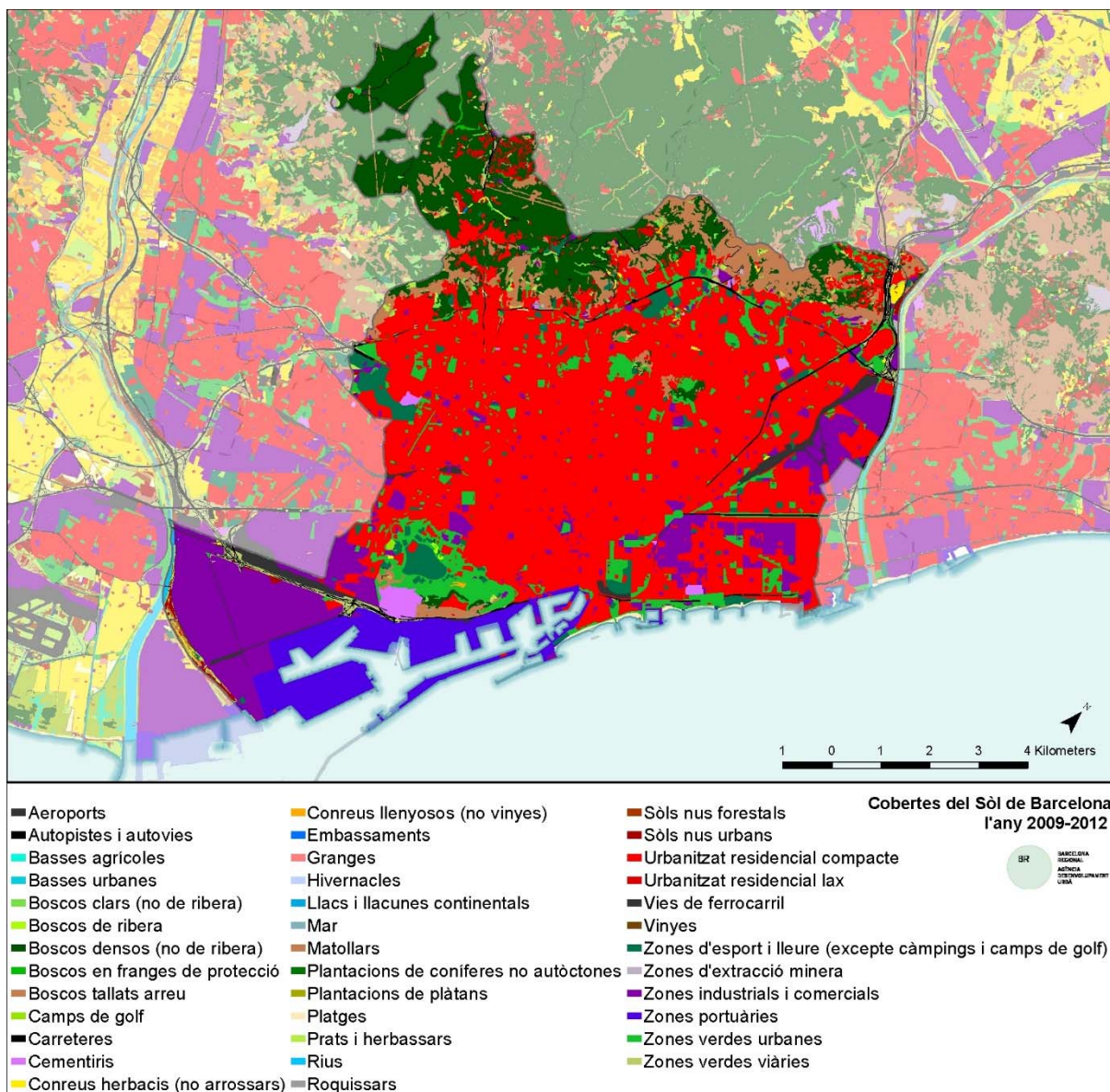
Font: Mapa de cobertes del sòl de Catalunya (CREAF)

L'any 2000 Barcelona ja presentava una imatge amb tot el Pla de la ciutat ocupat per zones urbanes. Les cobertes agrícoles havien estat substituïdes per zones industrials i comercials.

Encara destacaven notablement les cobertes forestals de Collserola que havien guanyat extensió per l'abandonament de conreus, desapareguts pràcticament a la serra, que havien passat a matollars i per la successió de matollars que havien passat a boscors.

Les infraestructures portuàries i viàries van patir un creixement molt fort en aquest període ocupant tot l'espai actual de la Zona Franca, urbanitzada sobre conreus herbacis del delta del Llobregat fins al límit de la desembocadura del riu en aquella època.

Imatge 21: Cobertes del Sòl de Barcelona l'any 2009-2012



Font: Mapa de cobertes del sòl de Catalunya (CREAF)

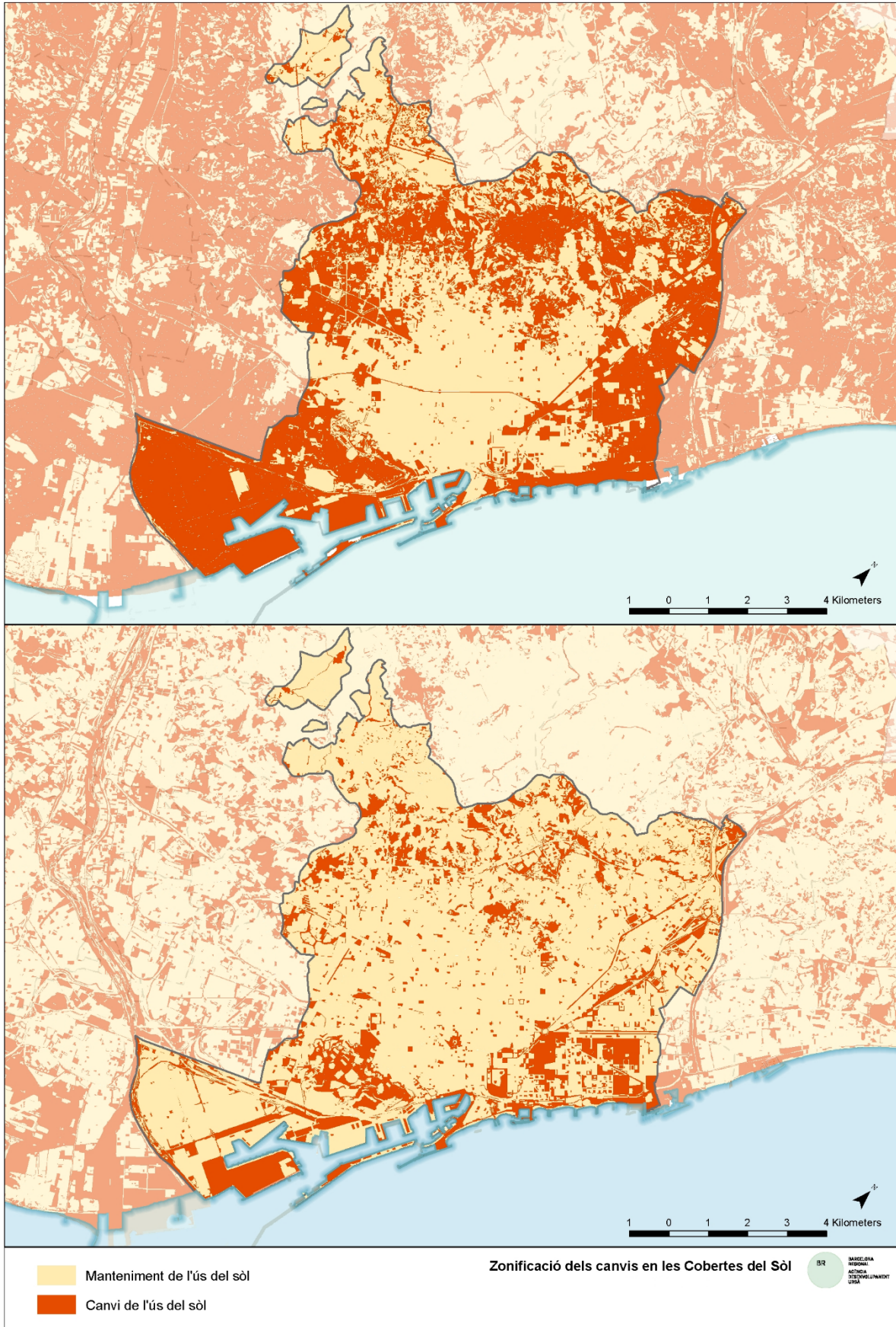
El mapa de cobertes del 2009-2012, que es podria considerar com la situació més propera a l'actual mostra la consolidació i extensió del Port i la desviació del Riu Llobregat respecte el curs que seguia l'any 2000. També cal destacar l'augment de les zones verdes urbanes, amb la construcció de parcs com el de Diagonal mar.

A Collserola, la superfície de bosc segueix creixent en aquest període per la successió de les cobertes de matollar.

Pel que fa als canvis en les cobertes del sòl que s'observen en aquests períodes, podem apreciar que entre el 1956 – 2000 s'observa que Barcelona va patir molts canvis exceptuant la zona central de la ciutat i Collserola. Els principals canvis els trobem a les desembocadures del riu Besós i Llobregat, a la zona del port i a la part alta de Barcelona.

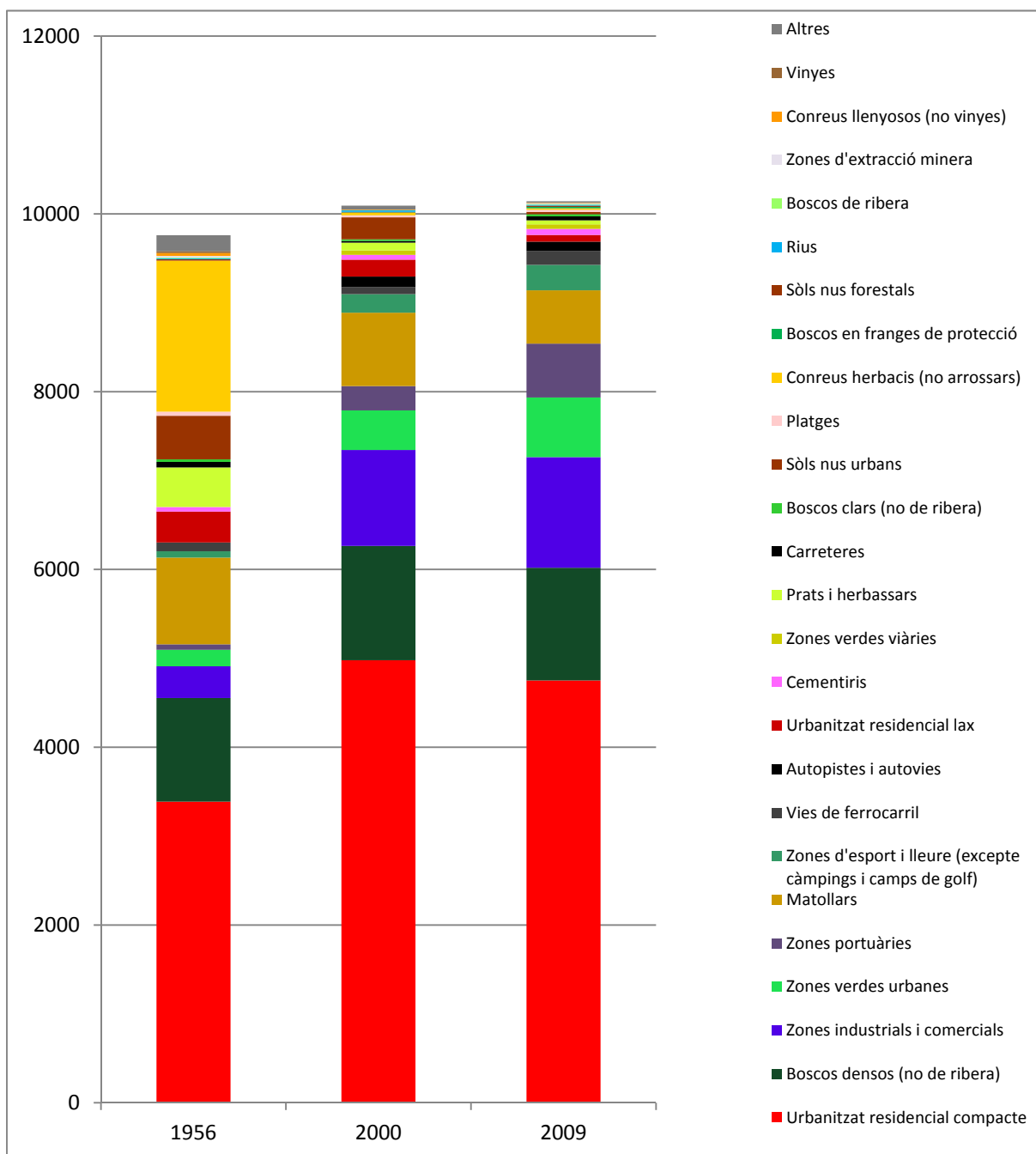
En el període 2000 – 2009 els canvis són menys destacats. Les principals alteracions de cobertes les trobem a la zona del Port, del Poblenou i de Montjuïc.

**Imatge 22: Zones amb canvis en les Cobertes del Sòl en els períodes 1956 – 2000 i 2000 – 2009**



Font: Barcelona Regional a partir dels mapes de cobertes del sòl del CREAL

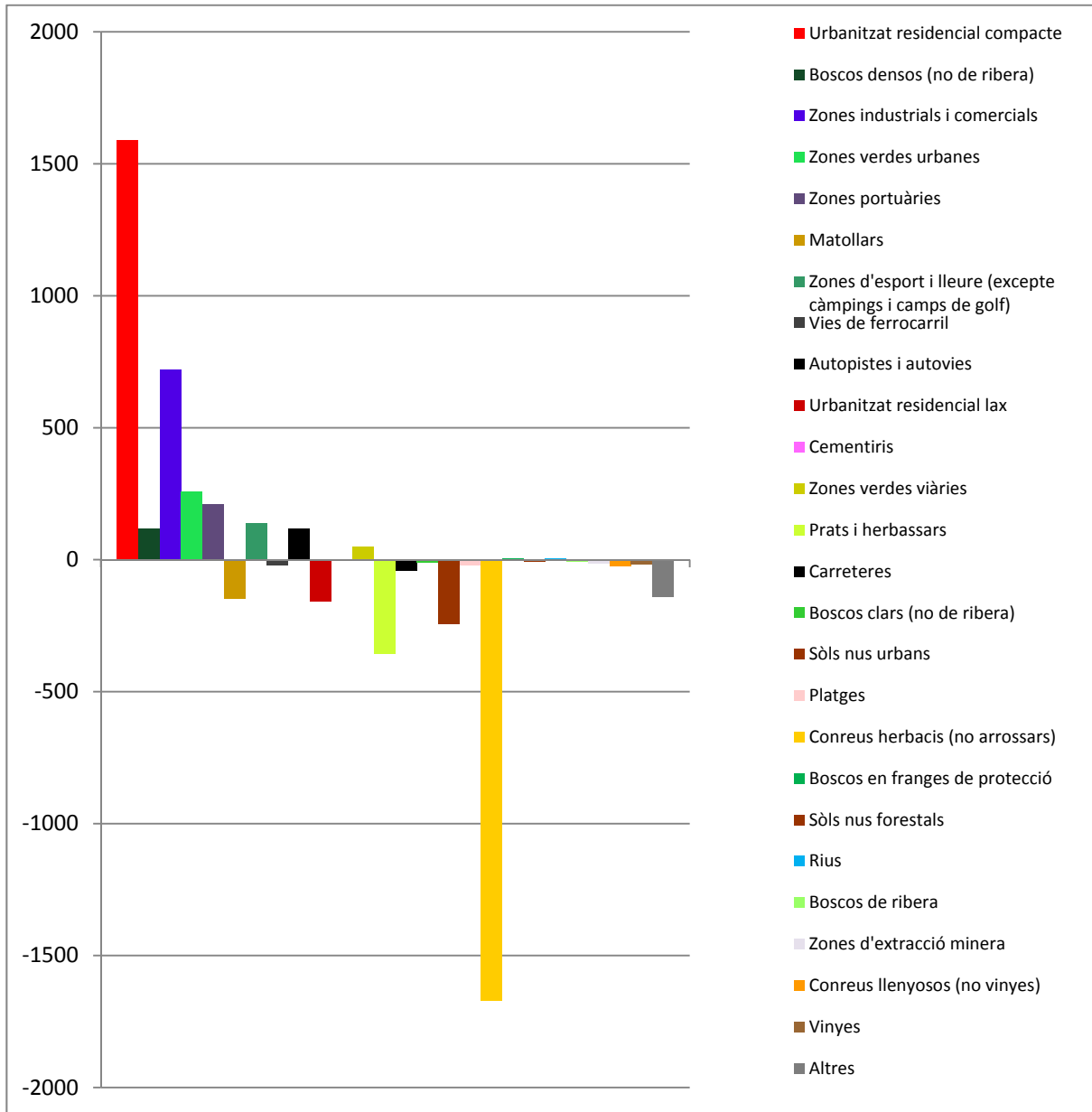
**Imatge 23: Gràfic d'evolució de les superfícies de les diferents cobertes del sòl a Barcelona**



Font: Barcelona Regional

Si analitzem la composició de superfícies de cada coberta a Barcelona dels anys 1956, 2000 i 2009, veiem com les zones urbanes, les industrials i les portuàries han augmentat notablement. Les cobertes de boscos i matollars s'han mantingut més o menys constants en el temps, les superfícies agrícoles han desaparegut i destaca l'augment de zones verdes urbanes.

**Imatge 24: Gràfic de pèrdues i guanys de superfícies de les diferents cobertes del sòl en el període 1956 – 2000 a Barcelona**



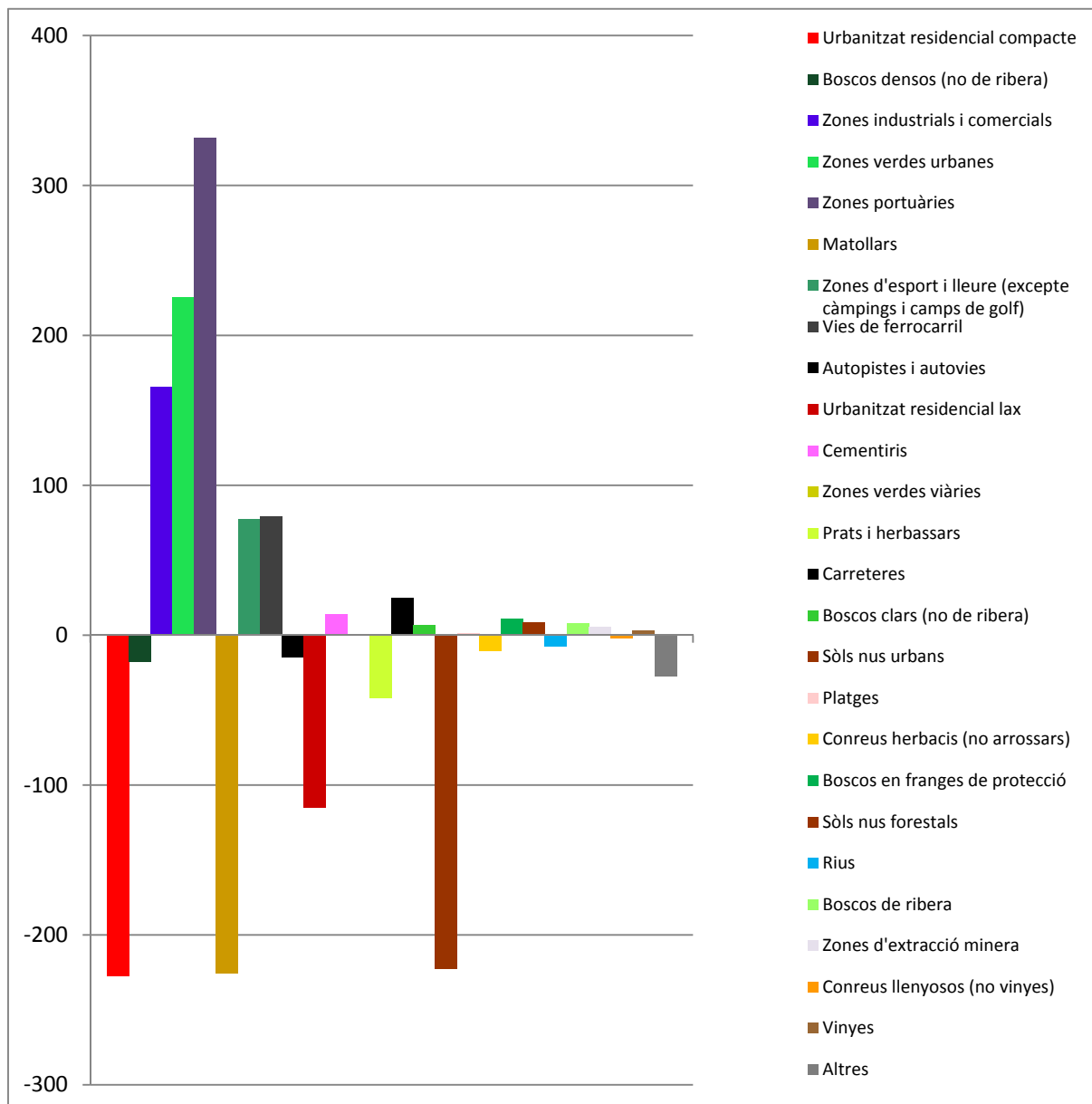
Font: Barcelona Regional

Pel que fa als dos períodes analitzats, es veu clarament com en el període 1956-2000 és quan hi ha un major creixement de les àrees urbanes, les industrials i comercials, les zones verdes urbanes i les portuàries. La major pèrdua la trobem en les superfícies agrícoles i de prats i herbassar, també hi ha una pèrdua important en sòls nus urbans i residencial lax, tots ells per el fort procés d'urbanització.

Cal destacar el petit augment dels boscos densos sobre la pèrdua de matollars. També el creixement de zones d'esport i lleure i les autopistes i autopistes.



**Imatge 25: Gràfic de pèrdues i guanys de superfícies de les diferents cobertes del sòl en el període 1956 – 2009 a Barcelona**

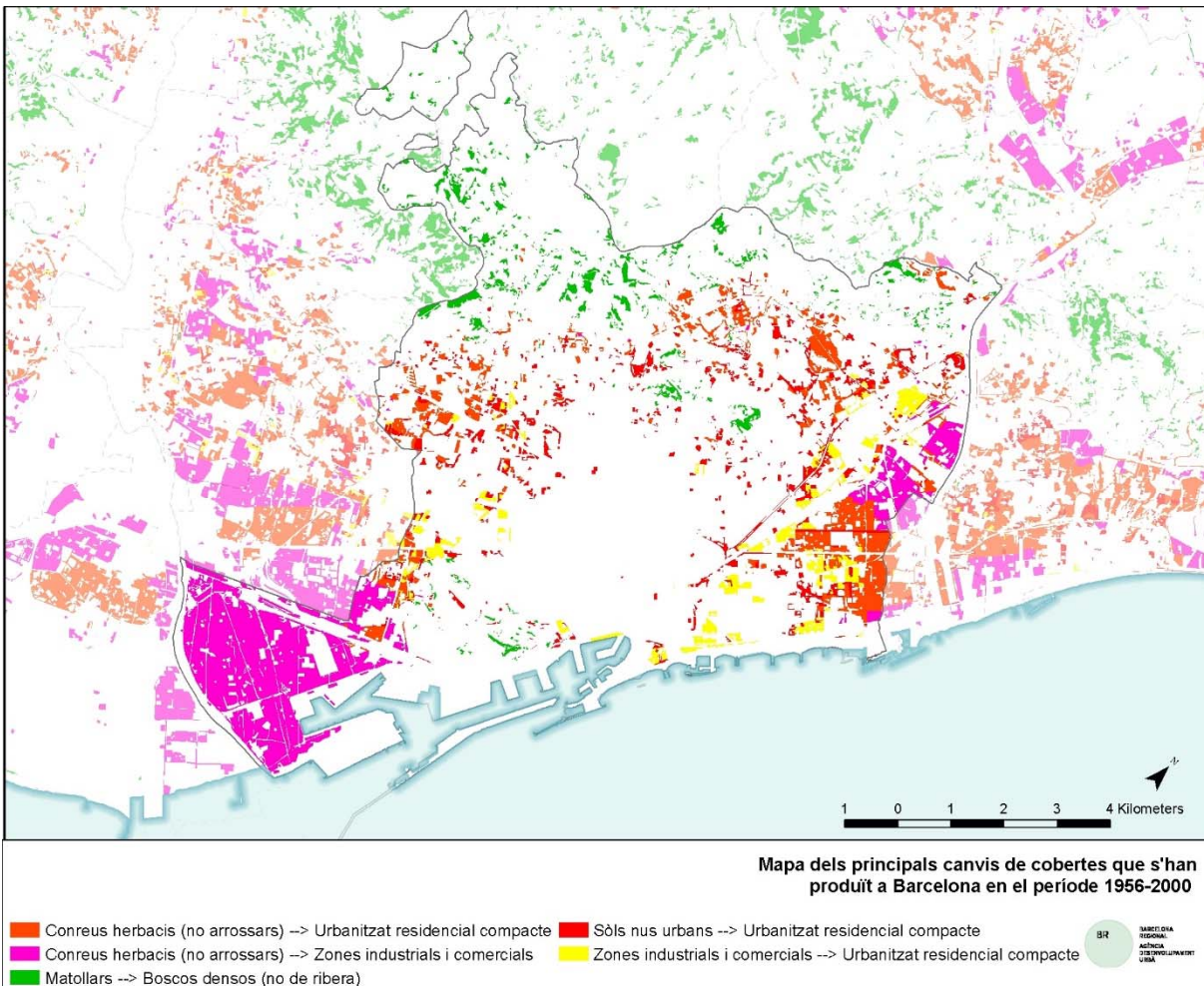


Font: Barcelona Regional

En el període 2000-2009 hi ha una pèrdua molt gran de zones urbanes residencials compactes i laxes. En part, per un canvi de criteri del mapa de cobertes, i en part, per la densificació de determinats àmbits i per el desenvolupament de zones urbanes mixtes amb activitat d'oficines i industrial al Poble Nou.

També hi ha una pèrdua important de matollars i sòls nus forestals. Aquestes pèrdues es donen pel gran creixement de les zones industrials i comercials, zones verdes urbanes i d'esport i lleure. Però el creixement més destacat d'aquest període és a les zones portuàries. També cal destacar l'augment de les zones de ferrocarril per la construcció del TAV.

**Imatge 26: Mapa dels principals canvis de cobertes que s'han produït a Barcelona en el període 1956-2000**

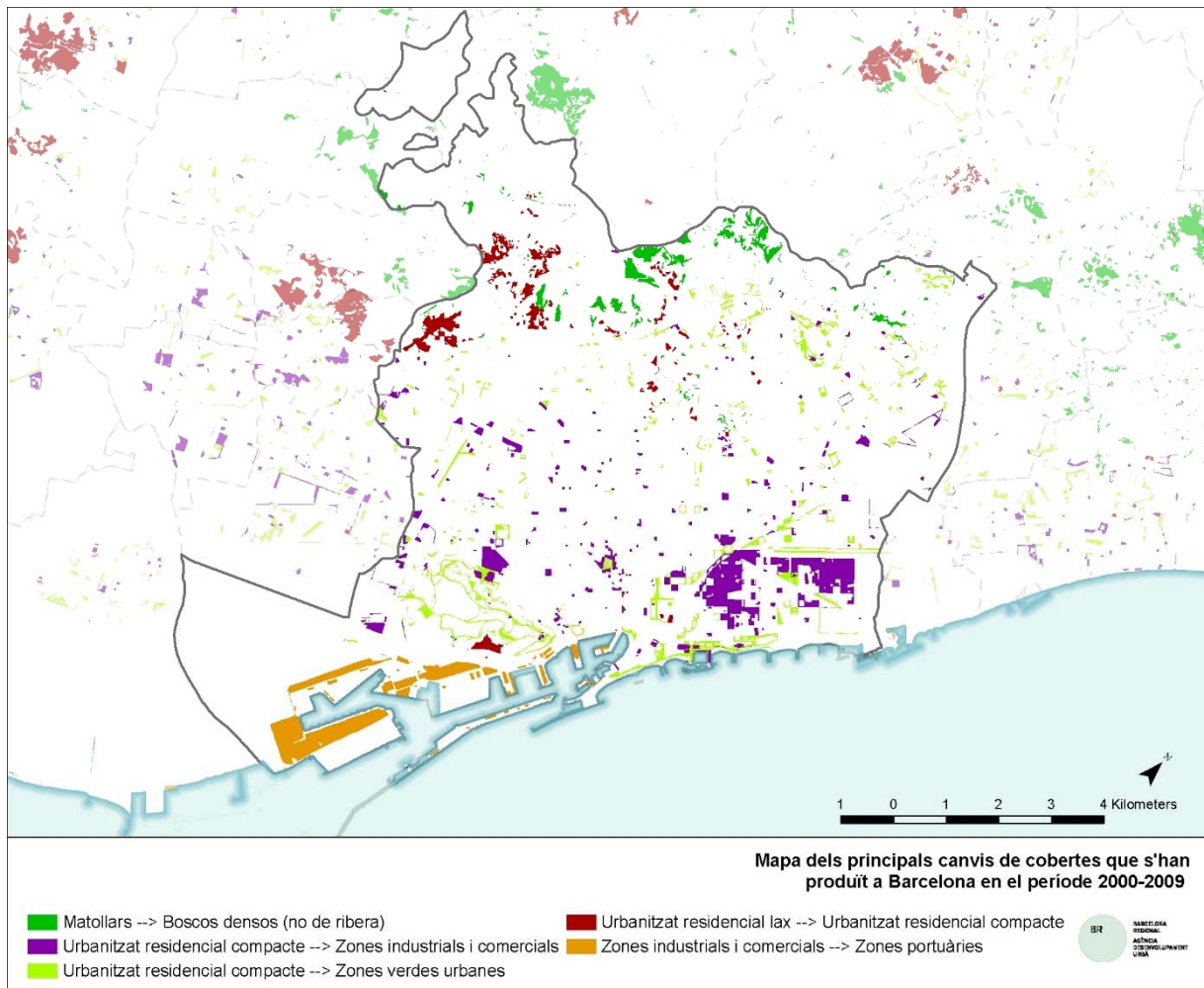


Font: Barcelona Regional

Si ens fixem en quins canvis de cobertes han estat els principals que han produït aquests increments i decrements, i canvis en la distribució de superfícies territorialment, veiem el següent:

En primer lloc veiem com la principal ocupació de zones urbanes i industrials en el període 1956-2000 es produeix en zones agrícoles, principalment a les desembocadures dels rius Besòs i Llobregat. També pateixen aquest procés d'urbanització les antigues zones industrials i de sòls nus. Les zones de matollars es transformen en boscos densos principalment a Collserola.

**Imatge 27: Mapa dels principals canvis de cobertes que s'han produït a Barcelona en el període 2000-2009**



Font: Barcelona Regional

En el període 2000-2009 els canvis es produeixen principalment sobre zones urbanes. Els canvis d'industrial a residencial es donen majoritàriament al Poble Nou i de residencial a zones verdes per tota la ciutat de forma dispersa. Part dels canvis al Poble Nou, però, poden resultar enganyosos ja que el mapa de cobertes de l'any 2.000 considera algunes zones residencials que probablement també eren industrials llavors.

L'ampliació del Port de Barcelona comporta el canvi d'àrees industrials a portuàries. En aquest període també els matollars canvien a cobertes boscoses.

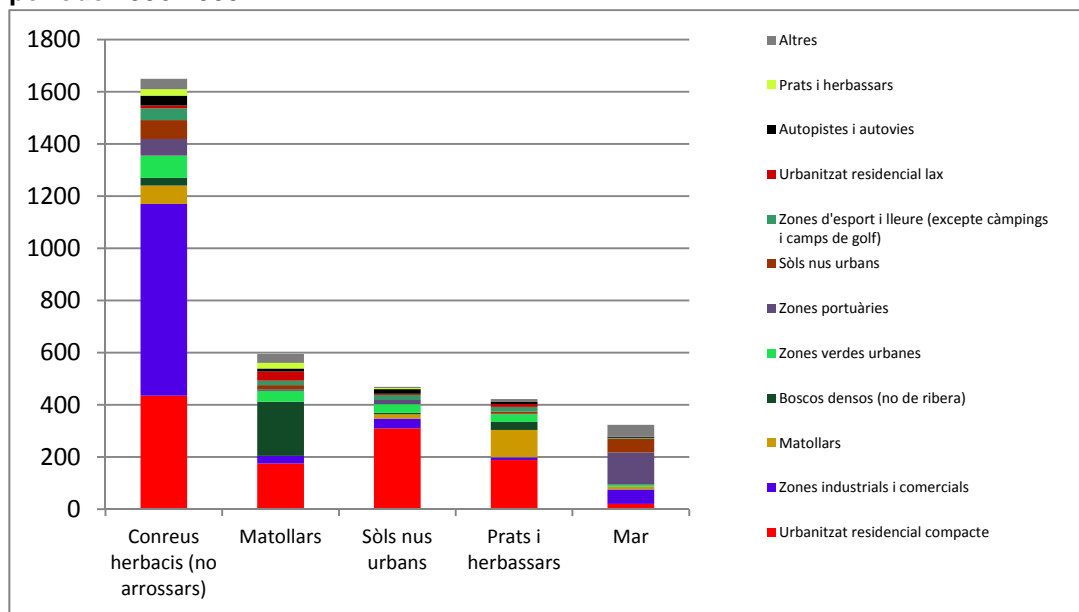
Així doncs, ens trobem en un territori força dinàmic, principalment pel que fa a les seves cobertes urbanes i industrials. Les cobertes agrícoles han pràcticament desaparegut pel fort procés d'urbanització, mentre que les zones boscoses s'han mantingut i fins i tot guanyat terreny als hàbitats forestals més oberts (matollars i prats). Les infraestructures portuàries i de ferrocarrils han augmentat, igual que les zones verdes.

## 2.2.2. Principals processos i dinàmiques territorials

Per tal de determinar més detalladament quines han estat les principals dinàmiques territorials que s’han produït a Barcelona a la segona meitat del segle XXI i en els últims anys, un bon punt de sortida és analitzar quines han estat les cobertes del sòl més dinàmiques, que han patit més canvis, i en quines cobertes s’han transformat.

Així, observem els següents resultats:

**Imatge 28: Gràfic de la evolució que han seguit les cobertes que més han canviat durant el període 1956-2000**



Font: Barcelona Regional

Els gràfics mostren com les cobertes que pateixen més canvis en el període 1956-2000 són les zones agrícoles, els matollars, els sòls nus urbans i els prats i herbassars i el mar.

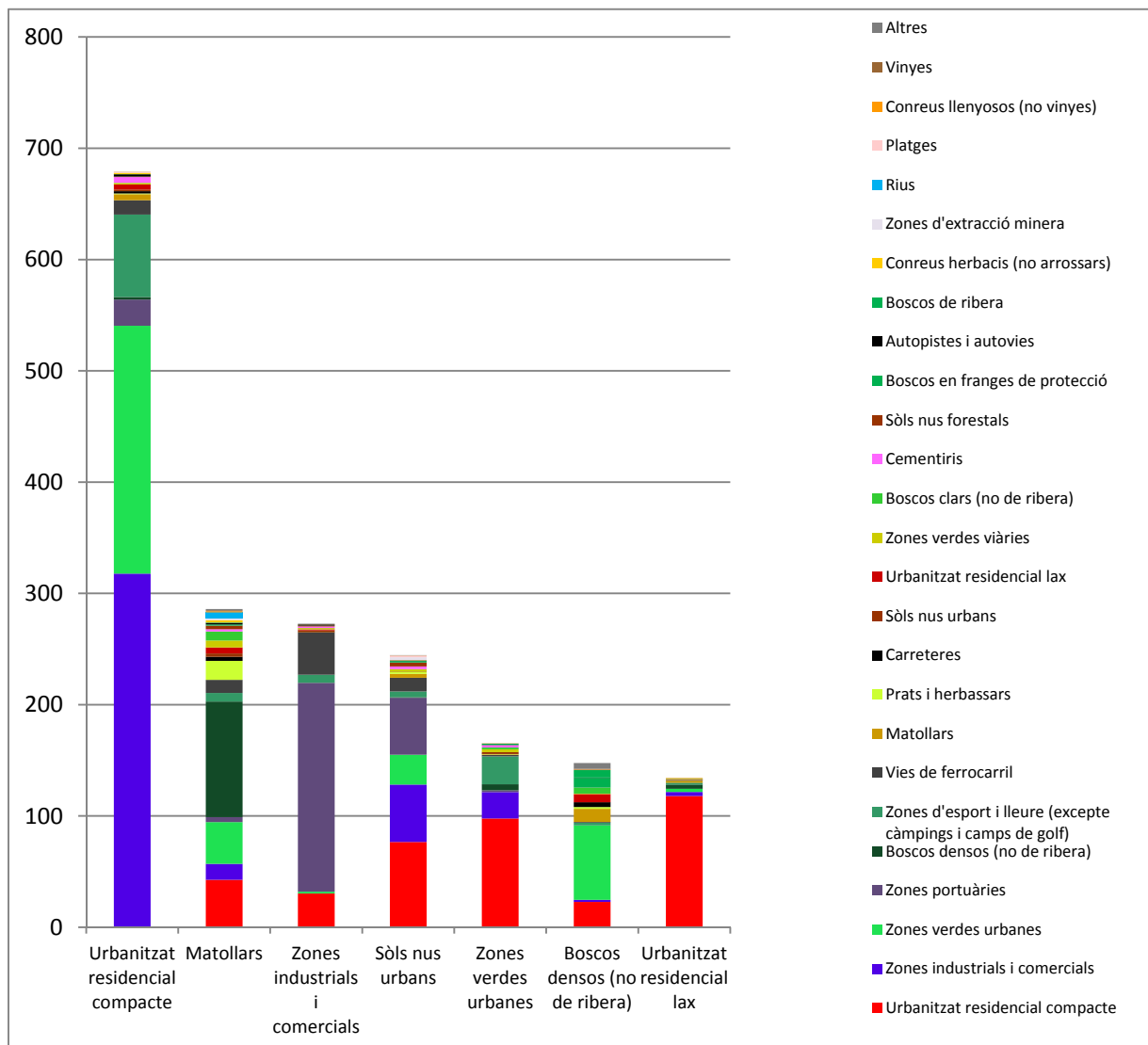
La pèrdua de conreus herbacis, es produeix sobretot per l’expansió d’àrees urbanes i industrials de la ciutat i, en molt menor mesura, per l’abandonament agrícola d’alguns espais de Collserola que passen a esdevenir cobertes forestals (prats, matollars i boscos).

Els canvis que es produeixen en els matollars són, majoritàriament la pèrdua per ocupació urbana i la successió cap a boscos. Els sòls nus urbans passen a ser consolidats com a àrees residencials urbanes. Els prats i herbassars són ocupats per zones urbanes i una part evolucionen a matollars.

En les parcel·les mostrejades al Parc de Collserola, la majoria dels “boscos nous” (posteriors a l’any 1956), es troben sobre antics camps de conreus de fruiters (87%), majoritàriament cirerers (64%) i garrofers (21%). Les noves formacions forestals aparegudes corresponen, llevat de les repoblacions de coníferes (22%) a pinedes secundàries de pi blanc establertes de forma natural (71%) i en molt menor proporció a alzinars (7%). (Verkaik i Espelta, 2013).

Finalment, la ciutat guanya terreny al mar en forma, majoritàriament, de zones portuàries i industrials.

**Imatge 29: Gràfic de la evolució que han seguit les cobertes que més han canviat durant el període 2000-2009**



Font: Barcelona Regional

Les cobertes que pateixen més canvis en el període 2000-2009 són les cobertes urbanes i matollars, per l'augment de zones industrials i portuàries i de boscos, respectivament.

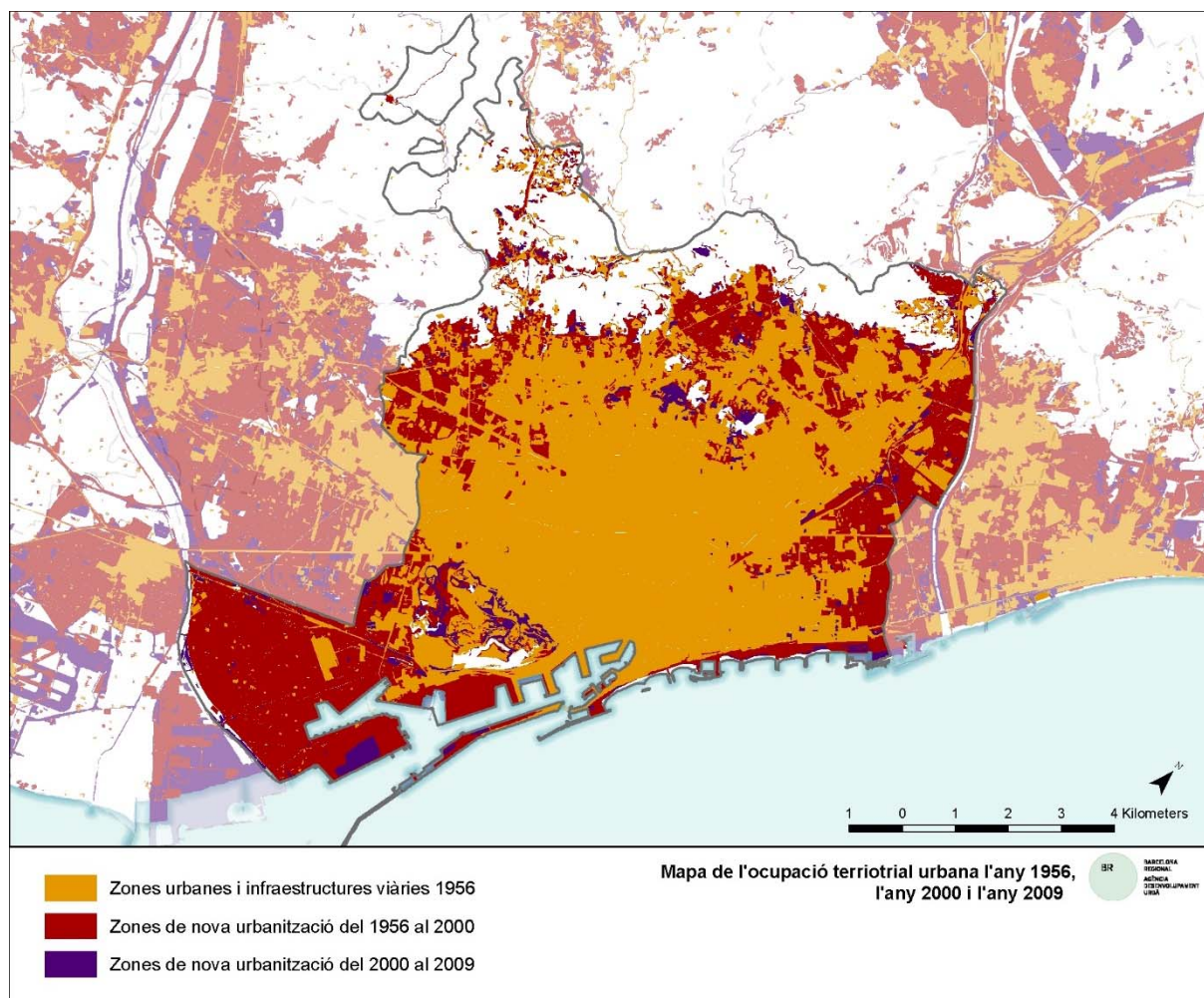
Els gràfics de les transformacions sofertes de les cobertes més dinàmiques ens permeten sumar un seguit de conclusions a l'anàlisi d'evolució d'usos fet anteriorment:

-Les cobertes urbanes han passat a ser les cobertes més dinàmiques en el període 2000-2009 producte dels canvis d'usos urbans, fet que reforça la idea de canvi de paradigma, de creixement urbà per extensió a reordenació interna i moderació en el consum del sòl. També cal destacar l'augment significatiu de zones verdes dins la trama urbana.

-Els boscos i matollars són les cobertes que s'han mantingut més estables, especialment a Collserola, encara que aquests últims han petit alguns canvis tant a boscos com per l'expansió urbanística.

-Es confirma pràcticament l'extinció de les zones de conreu, substituïdes per cobertes urbanes.

**Imatge 30: Mapa de l'ocupació territorial urbana l'any 1956, l'any 2000 i l'any 2009**



Font: Barcelona Regional

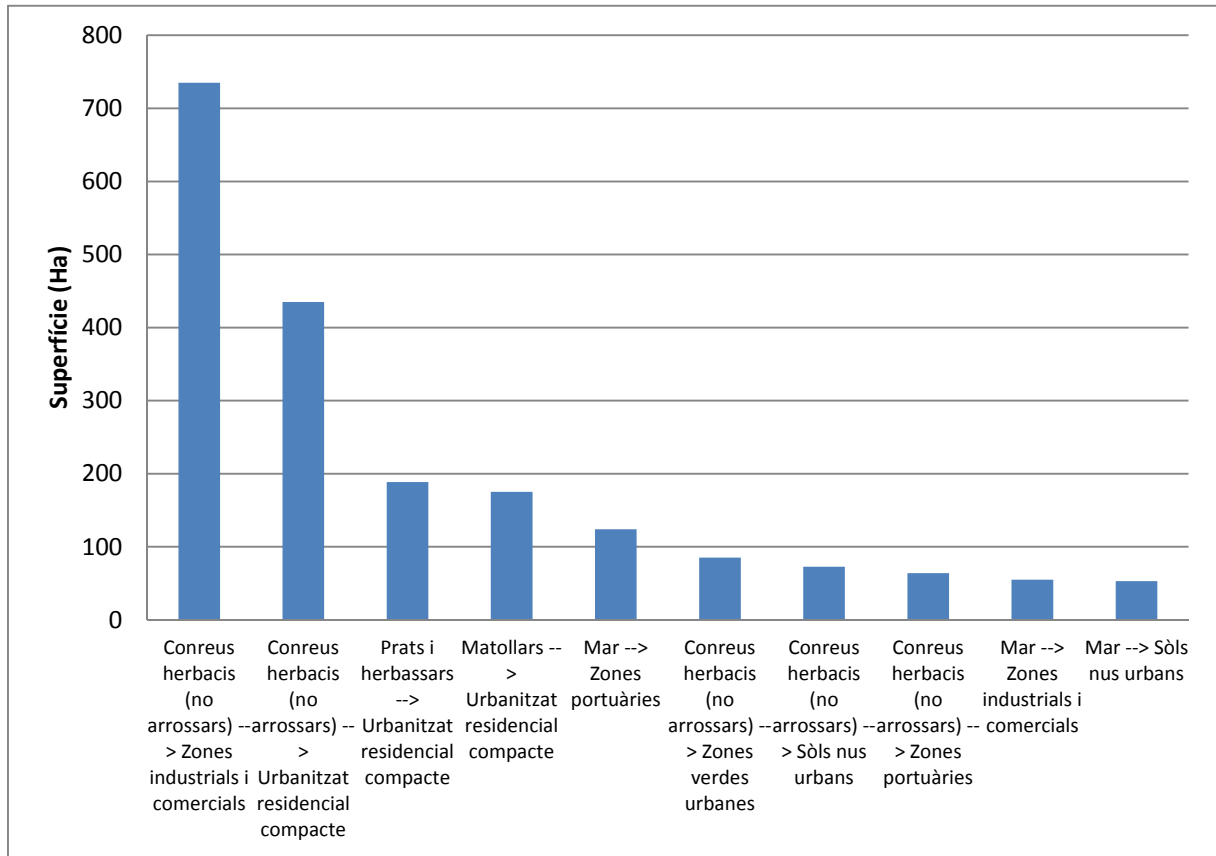
El procés territorial de canvi d'usos del sòl més característic a Barcelona durant els darrers 50 anys i el que ha comportat canvis més irreversibles en les cobertes del sòl, ha estat el procés d'urbanització.

Si observem els mapes de l'ocupació urbana i d'infraestructures els anys 1956, 2000 i 2009, ens adonem de l'extensió urbana que s'ha produït a la segona meitat del segle XX a Barcelona, consolidant-se en les desembocadures dels rius Llobregat i Besòs, la zona del port i en la part alta de la ciutat.

En el període 2000 – 2009 s'observa un estancament del creixement urbà per extensió, però es consolida l'ampliació del port de Barcelona, les zones verdes urbanes, repartides per tota la ciutat i les noves infraestructures ferroviàries.

Si ens fixem en quines són les cobertes que majoritàriament han ocupat les zones urbanes i d'infraestructures observem el següent:

**Imatge 31: Gràfic dels principals canvis d'ús en el procés d'urbanització, en el període 1956-2000**

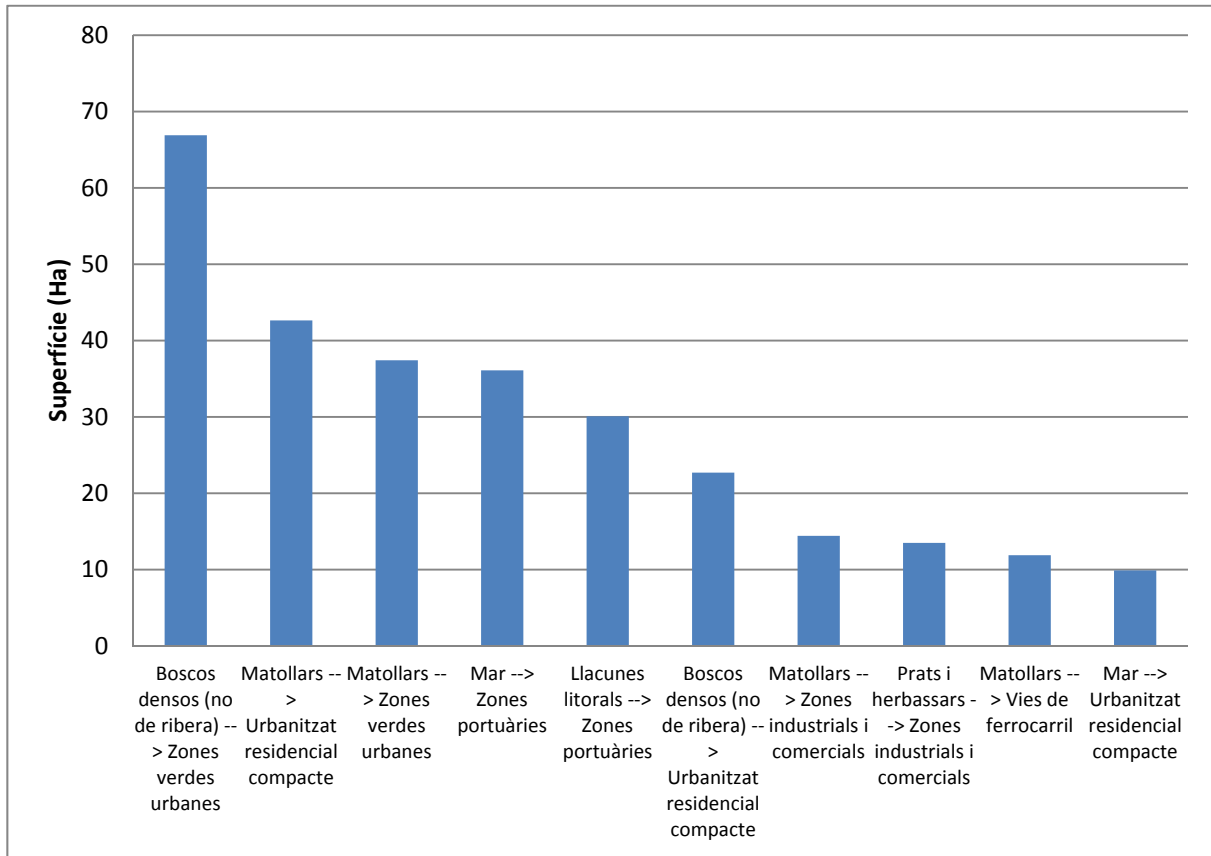


Font: Barcelona Regional

En el període 1956-2000 s'observa com les zones industrials i residencial compactes s'estenen ocupant majoritàriament conreus herbacis , prats, matollars i mar.

En aquest període, el procés d'urbanització significa la pèrdua quasi total de la superfície agrícola de Barcelona.

**Imatge 32: Gràfic dels principals canvis d'ús en el procés d'urbanització, en el període 2000-2009**



Font: Barcelona Regional

En el període 2000-2009 s'observa com els processos d'urbanització ja no són tan forts. Els principals canvis són les zones verdes urbanes que han ocupat cobertes boscoses i matollars. Aquests últims també han estat modificats per urbà residencial i industrial.

També és notable el terreny guanyat al mar i a les llacunes litorals per el port de Barcelona.



### 2.2.3. Anàlisi de l'índex NDVI en diferents espais verds de la ciutat

Més enllà dels àmbits que han sofert canvis rellevants en les cobertes del sòl, també és interessant analitzar com han evolucionat durant les darreres dècades, aquells espais vegetats més estàtics i madurs, que no han patit tants canvis i, per tant, poden ser més susceptibles de mostrar com està incidint el canvi climàtic en el seu desenvolupament.

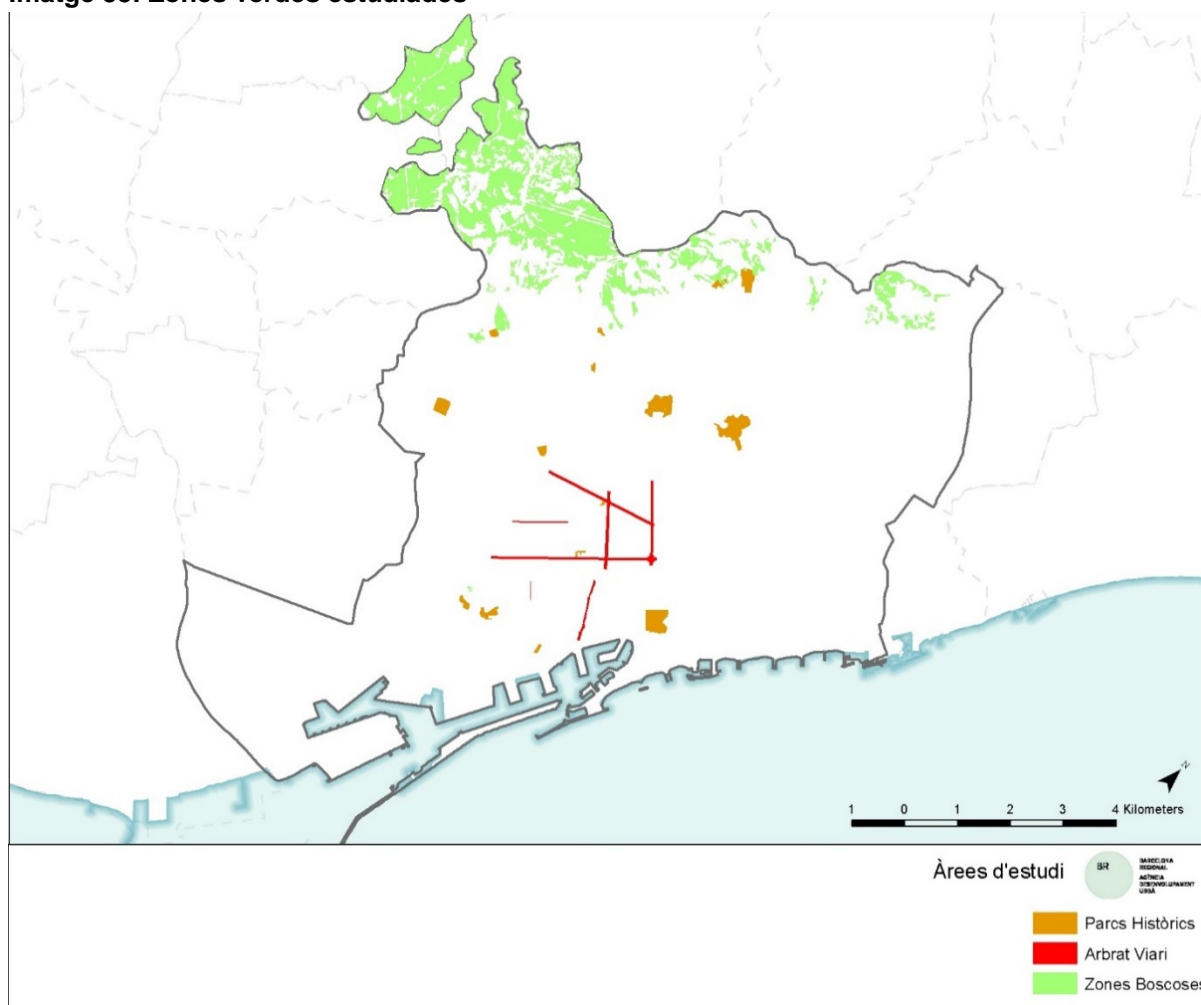
L'increment de la durada del període vegetatiu i de l'activitat biològica en l'actual context de canvi climàtic és una evidència, com ja s'ha vist a l'apartat 2.1. No obstant això, en entorns urbans com la ciutat de Barcelona, on la concentració de calor antropogènica és més elevada i existeix l'efecte illa de calor, el canvi climàtic pot afectar de manera diferent a la vegetació.

Mitjançant l'anàlisi d'imatges de satèl·lit històriques i el càlcul de l'índex NDVI és possible estudiar la fenologia de la vegetació urbana i periurbana de Barcelona.

En aquest sentit, s'han realitzat perfils anuals de la vitalitat i densitat de la vegetació per dècades mitjançant aquest índex per avaluar possibles canvis en el comportament interanual de la vegetació i poder detectar impactes o obrir hipòtesis sobre els possibles canvis fenològics en la vegetació derivats dels efectes del canvi climàtic.

Per a realitzar aquest estudi s'han seleccionat les següents zones verdes per ser analitzades:

**Imatge 33: Zones verdes estudiades**



Font: Barcelona Regional

Els setze parcs històrics de la ciutat que són: el Turó Parc, el Parc Güell, el Parc Font del Racó, el Parc del Laberint d'Horta, el Parc del Guinardó, el Parc de la Ciutadella, els Jardins del Teatre Grec, els Jardins del Palau de Pedralbes, els Jardins del Palau de les Hores, els Jardins de Miramar, els Jardins de Laribal, els Jardins de la Universitat, els Jardins de la Tamarita, els Jardins de Can Sentmenat i el Jardí Botànic Històric, exceptuant els Jardins del Palau Robert que s'han desestimat per la seva petita dimensió. Sobre aquests quinze parcs seleccionats s'han fet dues subdivisions: els parcs històrics i els parcs històrics forestals. Aquests últims s'han diferenciat perquè tenen majoritàriament presència d'arbrat perennifoli i són el Parc Font del Racó, el Parc del Guinardó, el Parc del Laberint d'Horta i el Parc Güell.

S'han seleccionat els parcs històrics ja que són àrees relativament grans que poden incloure diversos píxels de les imatges Landsat i amb una antiguitat rellevant, fet que afavoreix la presència de vegetació madura, vegetació més estable que des de l'any 84 no haurà sofert un creixement tan rellevant com en parcs més moderns.

Una altra àrea d'estudi són els principals carrers amb presència de plàtans (*Platanus x hispanica*). Aquests són l'Avinguda Diagonal des del Passeig de Sant Joan fins a la Plaça de Francesc Macià, el Passeig de Sant Joan des de la Plaça de Tetuan fins la Travessera de Gràcia, Les Rambles, el Carrer de Mallorca des del Carrer de Muntaner fins l'Avinguda de Roma, el Passeig de Gràcia i la Gran Via de les Corts Catalanes des de la Plaça d'Espanya fins a la Plaça de Tetuan. I el principal carrer amb presència de lledoners (*Celtis australis*), el Carrer de Viladomat des de l'Avinguda del Paral·lel fins el Carrer de Tamarit.

Aquestes zones viàries s'han escollit perquè són els llocs on es troben els arbres caducifolis més madurs de la ciutat. Aquesta informació s'ha extret de la cartografia del sistema "Natura Espais Verds (NEV)" de l'Ajuntament de Barcelona i parlant amb tècnics d'aquesta entitat pública.

Finalment, l'última àrea d'estudi són les zones de cobertes boscoses (boscos de ribera i boscos mediterranis densos) de Barcelona, que des del 1956 fins l'actualitat no han patit canvis significatius. S'han extret a partir del mapa de cobertes del sòl de l'any 2009-2012, comparant aquesta cartografia amb el mapa equivalent de l'any 1956 per detectar els boscos que ja existien llavors (CREAF).

### 2.2.3.1. Material i mètodes

Les dades de l'Índex de Vegetació de Diferència Normalitzada (NDVI) s'han calculat a partir d'imatges captades pels satèl·lits Landsat. Aquestes han estat extretes dels servidors de l'U.S. Geological Survey (USGS). Les imatges es presenten corregides geomètricament, aquesta precisió geodèsica s'ha assolit amb la incorporació de punts de control en el terreny i la utilització de models digitals del terreny (MDT). Radiomètricament s'han corregit amb la tècnica *DOS1 atmospheric correction* (Moran et al., 1992).

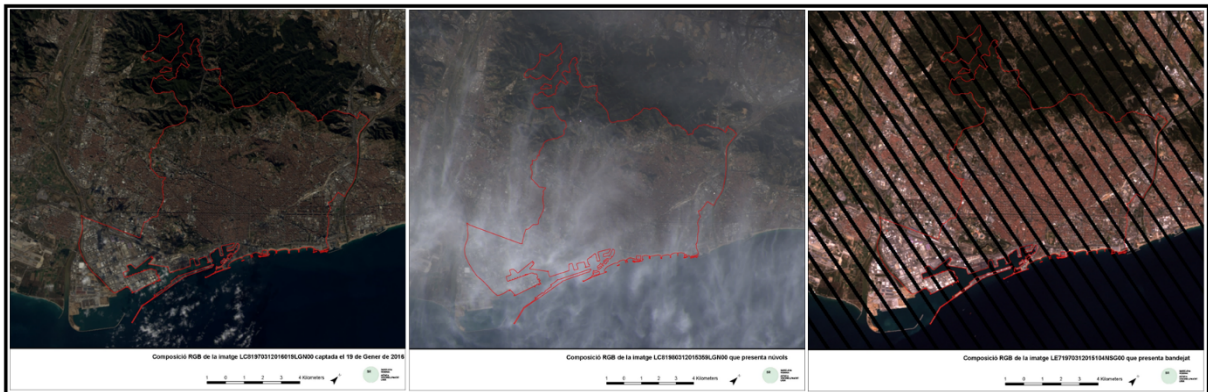
L'NDVI es defineix com (Mather, 1987):

$$NDVI = \frac{(NIR - VIS)}{(NIR + VIS)}$$

On NIR i VIS són els valors de reflectància corresponents a les longituds d'ona del infraroig proper (banda 4 al L4, L5 i L7 i banda 5 al L8) i del vermell (banda 3 al L4, L5 i L7 i banda 4 al L8), respectivament.

La sèrie d'imatges que s'han utilitzat comprèn el període de 1984 fins l'actualitat. En aquest període de 32 anys s'han seleccionat un total de 196 imatges. Aquestes estan lliures de núvols sobre l'àrea d'estudi i s'han descartat les imatges del Landsat 7, des del 2004 fins l'actualitat perquè presenten bandejat.

**Imatge 34: Mostra d'una imatge útil i dues descartades per presència de núvols i bandejat, respectivament**



Font: Barcelona Regional a partir de dades de l'USGS

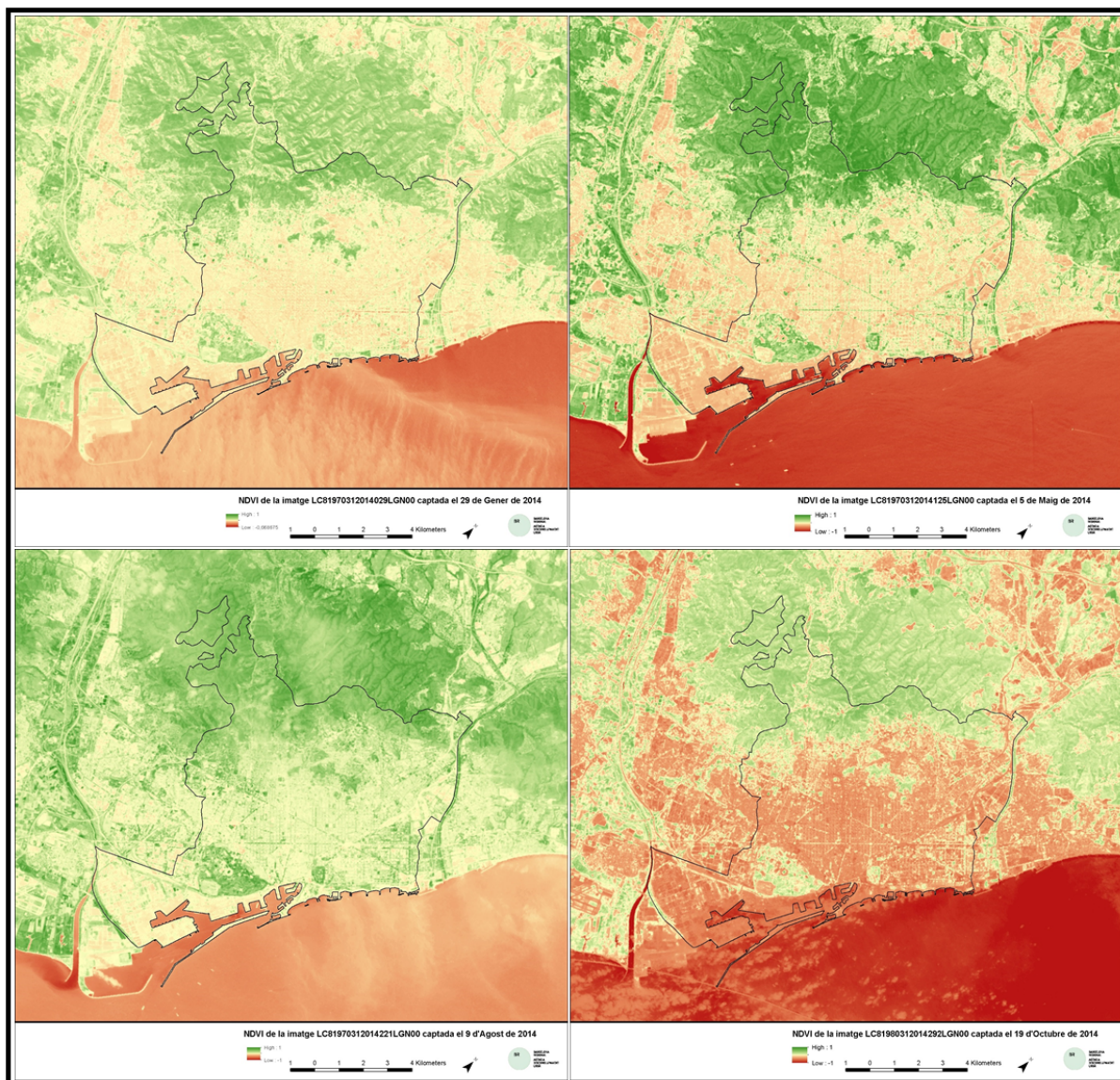
L'estudi d'NDVI s'ha fet per dècades, considerant-ne un total de quatre (1984-90, 1991-00, 2001-10 i 2011-16), per tal de poder tenir un núvol de punts representatiu del comportament de l'índex NDVI durant l'any i poder generar un perfil de la seva evolució.

A través de la superposició de les capes vectorials, corresponents a les localitzacions de les àrees d'estudi, sobre cada imatge ràster de la sèrie NDVI, s'ha extret el conjunt de píxels per obtenir les dades estadístiques de cada regió per ser tractades posteriorment.

Amb l'NDVI mitjà de cada imatge s'ha creat un gràfic de dispersió per a cada àrea d'estudi on es mostren totes les dècades. També s'ha afegit una línia de tendència polinòmica per a poder comparar cada segment temporal. Per a la posterior anàlisi, en els gràfics s'han marcat els moments de creixement i decreixement vegetatiu i, a les zones viàries, el màxim. Aquest procés s'ha omès a les zones boscoses com en els parcs històrics forestals ja que els arbres perennifolis tenen un comportament molt diferent als caducifolis.

Una altra dada que s'ha utilitzat són les precipitacions mensuals des del 1984 fins a l'actualitat de Barcelona, extretes del Servei Meteorològic de Catalunya (Prohom, M. Barriados, M. i Sanchez-Lorenzo, A., 2015). Aquestes dades s'han utilitzat per poder diferenciar aquells comportaments fenològics associats a episodis de pluja.

**Imatge 35: Evolució de la resposta de l'índex NDVI durant cada estació de l'any 2014**



Font: Barcelona Regional a partir de dades de l'USGS

### 2.2.3.2. Resultats i discussió

De la mitjana global de tots els NDVI calculats per cada dècada es pot observar com la vitalitat i densitat de la vegetació ha augmentat en tots els àmbits estudiats. Aquestes dades reforçarien les conclusions dels estudis que afirmen que a les latituds superiors a 40° es preveu que la biomassa augmenti, a causa de l'augment de CO<sub>2</sub> i de temperatura produït pel canvi climàtic.

L'increment d'aquest índex és més acusat en els parcs, ja que no estan sotmesos a tant dèficit hídric com el que pateix l'arbrat viari, ja que disposen d'àmplies zones regades.

Les masses boscoses analitzades tenen un increment similar a l'arbrat viari. Aquest increment és menor que el dels parcs urbans degut a que, malgrat l'augment de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera i l'increment de temperatures puguin tenir un efecte fertilitzant, la manca d'aigua en aquests espais genera un estrès hídric que limita el seu creixement.

En els parcs històrics s'observa un allargament en el període vegetatiu a la tardor de fins a 35 dies, mentre que no es detecta clarament si hi ha o no un avançament del període vegetatiu. Aquests dos fenòmens fan que hi hagi un eixamplament del període vegetatiu més acusat a la tardor. Aquest augment del període vegetatiu és d'entre 2 i 13 dies.

En els parcs històrics forestals no es pot arribar a determinar el comportament del període vegetatiu mitjançant l'NDVI ja que és excessivament pla. El que sí que s'observa és un major repunt a la tardor que anteriorment, fet que encaixa amb els segons rebrots produïts per més temperatura a la tardor i períodes de pluja, per espècies com l'alzina.

A les zones viàries no s'observa un avançament del període vegetatiu. En l'última dècada les precipitacions han estat més escasses que en dècades anteriors i això podria explicar aquest endarreriment del creixement que es troba entre 6 i 19 dies, que pot fer que l'avançament del període vegetatiu no es produeixi.

Existeix un altre factor que podria estar limitant l'avançament del període vegetatiu de l'arbrat caducifoli urbà i, especialment dels plàtans d'ombra. Aquest és el creixement exponencial que ha sofert la cotorreta de pit gris (*Myiopsitta monachus*) a la ciutat de Barcelona des de la dècada dels 90 (Rodríguez-Pastor et al., 2012). Aquesta espècie s'alimenta dels brots d'espècies caducifòlies i especialment dels plàtans. El consum d'aquests brots és especialment intens a les primeres brotades, quan encara fa cert fred i l'espècie no troba tants aliments alternatius com fruits, entre d'altres. Això podria estar produint un cert retardament en la sortida de les fulles dels plàtans que caldria confirmar.

Sí que s'observa un clar allargament del període vegetatiu cap a la tardor, d'entre 25 i 36 dies. Les temperatures més altes a la tardor juntament amb els períodes de pluges fortes afavoreixen les rebrotades i l'allargament d'aquesta fase.

Quant a la durada del període vegetatiu trobem un increment global d'entre 5 a 11 dies.

Quant al punt màxim del període vegetatiu, s'observa que en els últims 30 anys s'ha desplaçat de 6 a 18 dies. Aquesta informació pot ser útil per si es volen fer estudis de la vegetació com vols aeris ja que es poden determinar els dies òptims per a una bona identificació de la totalitat de la cobertura verda de la ciutat.

**Taula 1: Increment mitjà de l'NDVI a cada tipologia d'espai verd**

ÀREES D'ESTUDI	INCREMENT MITJÀ 1980s – 2010s	INCREMENT MITJÀ 1990s – 2010s
<b>Jardins Històrics</b>	0,0908	0,0964
<b>Zones Viàries</b>	0,0933	0,0493
<b>Parcs Històrics Forestals</b>	0,1263	0,0932
<b>Àrees Boscoses</b>	0,0713	0,0623

Font: Barcelona Regional

**Taula 2: Desplaçaments en dies dels períodes vegetatius dels parcs històrics**

	<b>Parcs històrics</b>
<b>Desplaçament Creixement 1990s – 2000s</b>	-16,8182
<b>Desplaçament Creixement 1990s – 2010s</b>	10,5455
<b>Desplaçament Decreixement 1980s – 2000s</b>	19,6364
<b>Desplaçament Decreixement 1990s – 2000s</b>	-3,4545
<b>Desplaçament Decreixement 1980s – 2010s</b>	35,1818
<b>Desplaçament Decreixement 1990s – 2010s</b>	12,0909
<b>Increment Període Vegetatiu 1990s – 2000s</b>	13,3636
<b>Increment Període Vegetatiu 1990s – 2010s</b>	1,5455

Font: Barcelona Regional

**Taula 3: Desplaçaments en dies dels períodes vegetatius de les zones viàries**

	<b>Zones viàries</b>
<b>Desplaçament Creixement 1990s – 2000s</b>	6,4286
<b>Desplaçament Creixement 1990s – 2010s</b>	19,7143
<b>Desplaçament del Punt Màxim 1980s – 2000s</b>	-9,7143
<b>Desplaçament del Punt Màxim 1990s – 2000s</b>	1,7143
<b>Desplaçament del Punt Màxim 1980s – 2010s</b>	6,8571
<b>Desplaçament del Punt Màxim 1990s – 2010s</b>	18,2857
<b>Desplaçament Decreixement 1980s – 2000s</b>	29,0000
<b>Desplaçament Decreixement 1990s – 2000s</b>	17,4286
<b>Desplaçament Decreixement 1980s – 2010s</b>	36,5714
<b>Desplaçament Decreixement 1990s – 2010s</b>	25
<b>Increment Període Vegetatiu 1990s – 2000s</b>	11
<b>Increment Període Vegetatiu 1990s – 2010s</b>	5,2857

Font: Barcelona Regional

S'observa un increment general de la vitalitat i la densitat de la vegetació, que reforça les prediccions de creixement de la biomassa en el context de canvi climàtic. Aquest increment és més intens en els parcs urbans ja que no pateixen tant d'estrès hídric.

El període vegetatiu s'ha incrementat en totes les àrees d'estudi. Aquest fet, conjuntament amb l'augment de biomassa detectat fa preveure evapotranspiracions potencials més elevades en el futur i, per tant, un estrès hídric de la vegetació de magnitud superior que caldrà seguir i verificar.

El període vegetatiu pateix un allargament més gran a la tardor, principalment a les zones viàries i als parcs històrics de la ciutat, afavorit per l'augment de les precipitacions i les altes temperatures.

Sembla que l'inici del període vegetatiu està més condicionat i relacionat amb les pluges. Aquest fet podria ser degut a què el començament del creixement de l'índex NDVI es detecta en els mesos de febrer, inclús gener, mesos tradicionalment poc plujosos. Aquest fet podria determinar que les pluges fossin un limitant superior a les temperatures per al creixement de la vegetació en aquest període. En canvi a la tardor, malgrat les variacions, sempre sol haver-hi un cert nivell de pluges, fet que podria donar més rellevància a què l'increment de temperatures es tradueix en un retard del declivi de la vegetació. No obstant això, podria haver-hi altres factors -com l'expansió de la cotorreta de pit gris a la ciutat de Barcelona- que també podrien estar retardant aquest període vegetatiu de l'arbrat caducifoli urbà, especialment dels plàtans, fet que caldria estudiar més a fons.

De l'estudi del punt màxim de vitalitat i densitat de la vegetació es desprèn el següent: Actualment aquest punt màxim es produeix entre el 30 de maig i el 15 de juny. Així doncs, si es plantegen a la ciutat estudis per a detectar la cobertura verda total, caldria que els vols per detectar la vegetació es realitzessin entre aquestes dates.

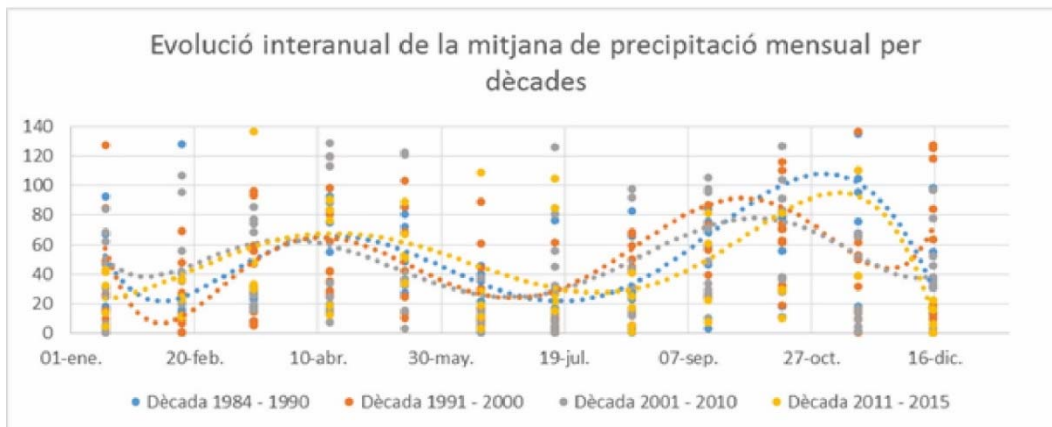
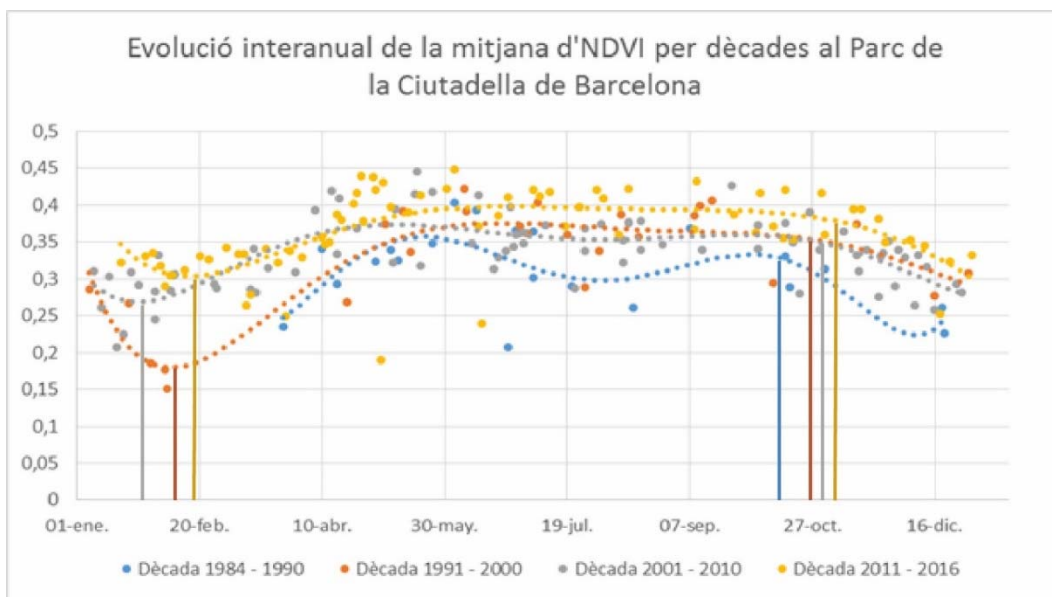
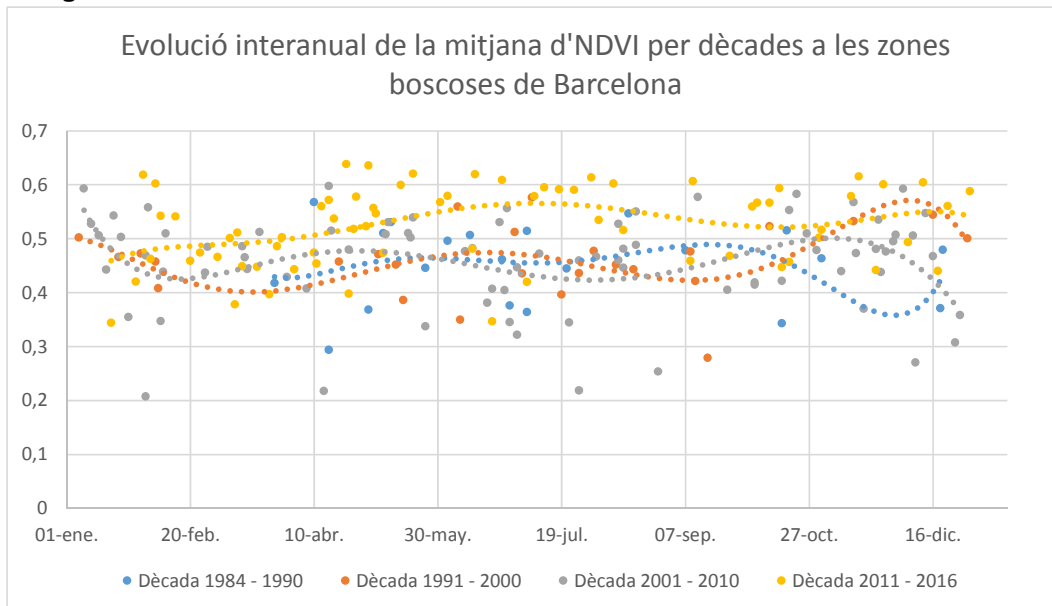
A la vista dels resultats, sembla que l'ús de l'NDVI és adequat per al seguiment del període vegetatiu, els canvis fenològics, la vitalitat i la densitat de la vegetació, ja que permet analitzar multitud de dades de períodes i àmbits diferenciats amb mesures de sensors perfectament comparables entre si. Els gràfics de dispersió amb línies de tendència ofereixen moltes facilitats per les comparacions.

Els resultats obtinguts en aquest treball són coherents amb les conclusions dels treballs de Peñuelas, Filella i Comas al 2002, de Llebot al 2010 o el CREAM al 2001. A diferència d'aquests estudis, es detecta un allargament superior a la tardor del període vegetatiu i un menor avançament que l'esperat d'aquest període, fet que caldria corroborar si és propi de la vegetació urbana i periurbana. Cal remarcar, però, que el present treball en cap cas intenta crear afirmacions, l'objectiu és obrir noves hipòtesis i camins per futurs estudis i treballs.

Malgrat l'aparent validesa de les tècniques utilitzades i la consistència d'utilitzar el resultat del càlcul de l'NDVI de 196 imatges satèl·lit en més de 20 àmbits diferents del terme municipal de Barcelona, els resultats podrien ser més acurats amb la utilització d'imatges d'altres sensors amb més precisió i una mida de píxel més reduïda, i podrien guanyar consistència realitzant una anàlisi estadística de relacions entre variables i de representativitat de la mostra.

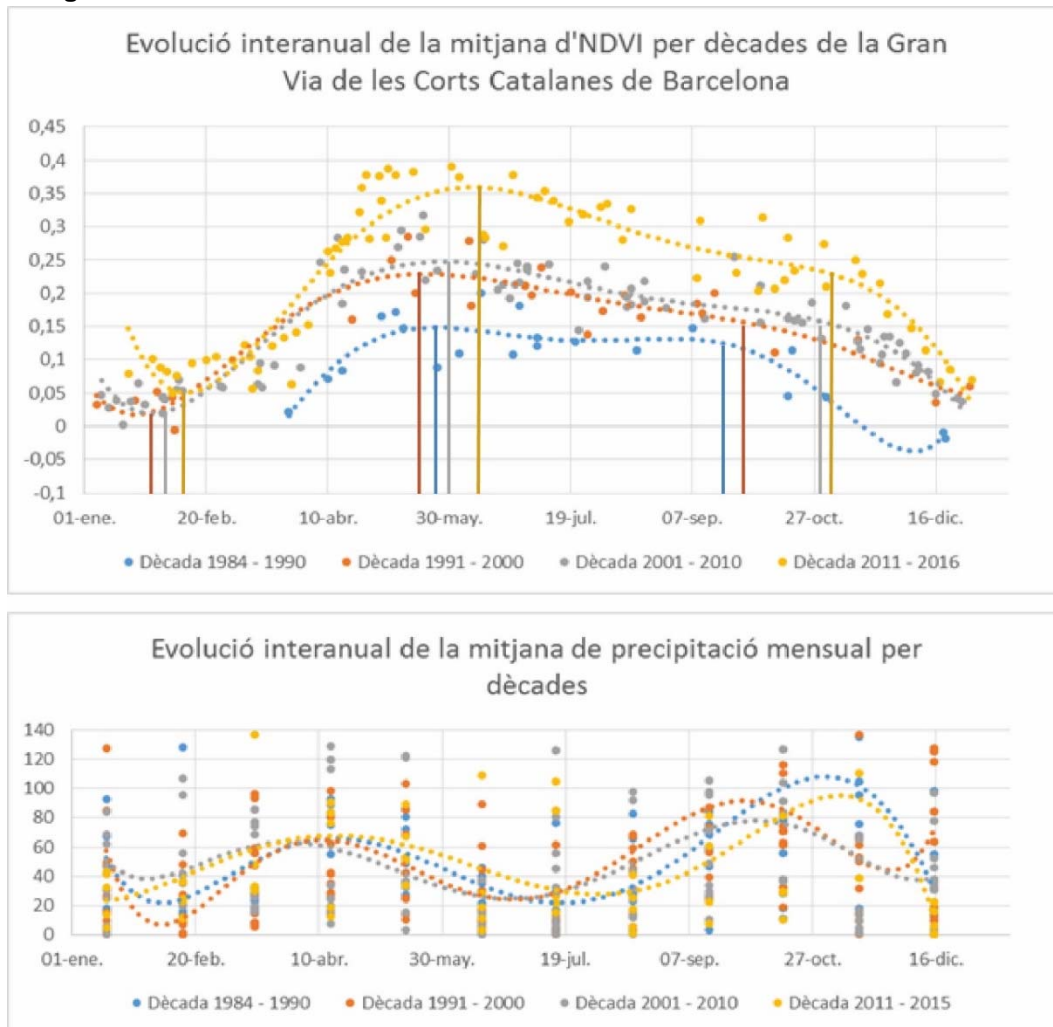
D'altra banda, no s'han avaluat les diferències existents entre els sensors dels satèl·lits Landsat 4, 5, 6 i 8, fet que podria tenir certa influència en la interpretació dels resultats.

**Imatge 36: Evolució interanual del NDVI a les zones boscoses i al Parc de la Ciutadella**



Font: Barcelona Regional



**Imatge 37: Evolució interanual del NDVI a Gran via de les Corts Catalanes**

Font: Barcelona Regional

## 2.2.4. Incidència del canvi climàtic en les dinàmiques dels 50 darrers anys. El deute ecològic

El canvi global és un fenomen complex que està canviant els nostres sistemes naturals. Aquest canvi global inclou el canvi climàtic, però també el canvi d'usos del sòl i la fragmentació dels ecosistemes, l'augment de la concentració de contaminants a l'atmosfera i les invasions biològiques, entre d'altres.

A Barcelona, ja es comencen a observar alguns canvis en els ecosistemes fruit del canvi climàtic. Un exemple és l'increment del període vegetatiu i increment de l'activitat biològica de la vegetació observada mitjançant l'anàlisi de l'índex NDVI des dels anys 80.

No obstant això, fins avui els canvis dels usos del sòl (ocupació urbana sobre hàbitats agrícoles i aforestació dels entorns de Collserola i la irrupció d'espècies al·lòctones amb elevat potencial colonitzador, han comportat canvis molt més determinants sobre els ecosistemes que la incidència del canvi climàtic.

En aquest sentit, a Collserola, fins i tot s'estarien produint efectes diferents als esperats pels efectes del canvi climàtic, ja que a les pinedes amb rebrots d'alzina, l'alzinar està progressant. L'increment de la maduresa dels boscos ha comportat també l'arribada de més espècies forestals, algunes de caràcter euro-siberià, com el picot garser petit (*Dendrocopos minor*).

A l'estació de Can Balasc, dins el programa SYLVIA d'anellament d'ocells amb esforç constant, s'ha pogut fer un seguiment en el temps de l'èxit reproductor dels ocells forestals, dels ocells agrícoles i de les espècies exòtiques (el rossinyol del Japó a Collserola). L'indicador forestal mostra una clara tendència positiva en els darrers 15 anys, l'indicador agrícola mostra una tendència moderadament positiva, i l'indicador d'exòtiques mostra un creixement durant els darrers 15 anys, però un estancament en els últims 5.

Aquest fet, mostra la inèrcia de certes comunitats que de moment contraresta en alguns àmbits els efectes del canvi climàtic. No obstant això, en àmbits on les pertorbacions han estat importants (incendis, aforestació de conreus, etc.) els nous boscos són majoritàriament pinedes de pi blanc. En aquest sentit, el canvi climàtic pot estar generant un deute d'extinció en els hàbitats forestals que, si reben fortes pertorbacions, poden tendir a una homogeneïtzació i pèrdua de biodiversitat en el futur.

En l'àmbit de les plagues podrien considerar que actualment el canvi climàtic no ha sigut un determinant clau per l'establiment d'algunes espècies al·lòctones. En aquest sentit el mosquit tigre és l'exemple més clar, donat que la seva aparició al 2004 a Catalunya i al 2005 a Barcelona, no està relacionat amb un augment del rang de distribució degut a l'augment de temperatura sinó que es fruit de la globalització i l'adaptació local a criar en petits recipients en pobles i ciutats.

En el mateix sentit tenim a la cotorreta de pit gris, una espècie exòtica invasora que la seva arribada està relacionada amb la importació i escapaments. Tot i això en aquest darrer cas cal considerar que sí que és una espècie que s'adapta molt millor a llocs càlids que a freds de manera que els èxits d'establiments estan relacionats amb la quantitat de dies freds i la densitat poblacional.

No obstant això cal tenir en compte que aquestes invasions biològiques que tenen el seu origen en translocacions d'exemplars-introduccions i establiments poden augmentar les seves poblacions i el seu rang de distribució si s'augmenten les temperatures, sobretot en el cas del mosquit tigre el qual no depèn de la precipitació anual, sinó que depèn més de l'activitat antròpica i l'ús de l'aigua per part de les persones.

Des del 1988 a Collserola es fa un seguiment de les poblacions de processionària del pi (*Thaumetopoea pityocampa*) amb 61 punts amb paranys en el període de vol dels mascles (juliol-novembre). 7 de les 8 zones on es fa el seguiment estan dins del terme municipal de Barcelona o molt properes.

Des de l'any 1988 les estimacions poblacionals mostren un augment de la processionària del pi fins el període més àlgid 2005-2008. Des de llavors la població ha disminuït significativament. Més concretament, el 2015, els exemplars capturats (4.023) eren inferiors als del 2014 (5.604) i significativament inferiors a la mitjana dels darrers 24 anys (5.917,8). Això no obstant, es consideren uns valors moderats-altos (1,5 ex/parany i dia) que poden comportar un agreujament de la plaga en el decurs dels pròxims anys.

En general les corbes de vol de l'espècie s'han allargat des de l'any 1988 i en l'actualitat són de 12,12 setmanes de mitjana per localitat amb màxims de 17 setmanes (carretera de les Aigües) que no s'havien registrat mai fins ara.

A l'estació de la Carretera entre Vallvidrera-Tibidabo és on el 2015 s'ha assolit el valor més elevat (2,24 ex/trampa i dia). Tanmateix, el valor mitjà més elevat de tot el període de seguiment es correspon a l'estació de Roquetes amb 2,62 exemplars/trampa i dia. El valor mitjà més baix d'aquest període es localitza a l'estació de Revolt Paella amb 0,81 exemplars/trampa i dia. El 2015, aquesta estació assoleix també el valor més baix amb tan sols 0,59 exemplars/trampa i dia.

Finalment, de l'anàlisi de les cobertes del sòl a l'àmbit de Barcelona, s'observa que en la última dècada, el creixement urbà per ocupació de nou sòl agro-forestal està pràcticament estancat. Així doncs, pot ser que en els darrers anys els impactes del canvi climàtic comencin a ser els protagonistes pel que fa a les afectacions a la biodiversitat de la ciutat, ja que els espais agro-forestals i molts espais verds ja no es veuran transformats per altres dinàmiques transformadores.

## 2.3. PRINCIPALS EFECTES DEL CANVI CLIMÀTIC SOBRE LA BIODIVERSITAT A LA PENÍNSULA IBÈRICA I LA CONCA DEL MEDITERRANI

El recent escalfament global – entre 0,6 i 1,0 °C en els últims 50 anys – ha alterat fenòmens biològics com el creixement de les plantes, la sortida de les flors, la sortida i la caiguda de les fulles i dels fruits i les èpoques de migració dels animals (Peñuelas i Filella 2001 i 2002).

Tot plegat, pot generar una cascada d'impactes a través de tot l'ecosistema que pot incloure l'expansió d'algunes espècies, la desaparició d'altres, canvis en la distribució geogràfica i migracions altitudinals o latitudinals que poden derivar en canvis en l'estructura i composició de les comunitats, entrada d'espècies invasores o major incidència de les plagues forestals. (PSAMB, 2014).

Així doncs, una aridificació com la prevista per a les properes dècades (escalfament i, a més, disminució de les precipitacions), fa preveure conseqüències importants per a la fisiologia, la fenologia, el creixement, la reproducció, l'establiment i, finalment, la distribució dels éssers vius i, per tant, sobre l'estructura i el funcionament dels ecosistemes (Llebot et al 2010).

En aquest apartat es recullen les conclusions dels estudis científics que han tractat els efectes del canvi climàtic a la conca mediterrània, prioritzant aquells més propers a l'àmbit de Catalunya i l'Àrea Metropolitana de Barcelona.

### 2.3.1. Escenaris climàtics utilitzats

En els següents apartats s'analitzen cada una d'aquestes components, tenint en compte els diferents escenaris climàtics.

Tal i com es detalla en el *Capítol – Introducció al canvi climàtic* majoritàriament en tots els capítols les projeccions de futur s'han realitzat pels escenaris climàtics compromès (RCP4.5) i passiu (RCP8.5).

Però en aquest capítol s'han utilitzat altres escenaris climàtics, ja que les dades estaven referenciades als escenaris antics (provinents del SRES) com són l'A1F1 i l'A2.

L'escenari A1FI representaria un creixement econòmic ràpid, amb un màxim demogràfic a finals de segle, introducció ràpida de tecnologies més eficients, i utilització generalitzada d'energies fòssils. L'escenari A2 representaria un creixement econòmic i desenvolupament demogràfic, tecnològic, i cultural dels països molt desigual.

L'equivalència dels escenari antics SRES A1F1 amb els escenaris actuals equivaldria al RCP8.5 (escenari passiu), mentre que l'escenari A2 es quedaria entremig de l'escenari RCP8.5 (escenari passiu) i escenari RCP4.5 (escenari compromès).

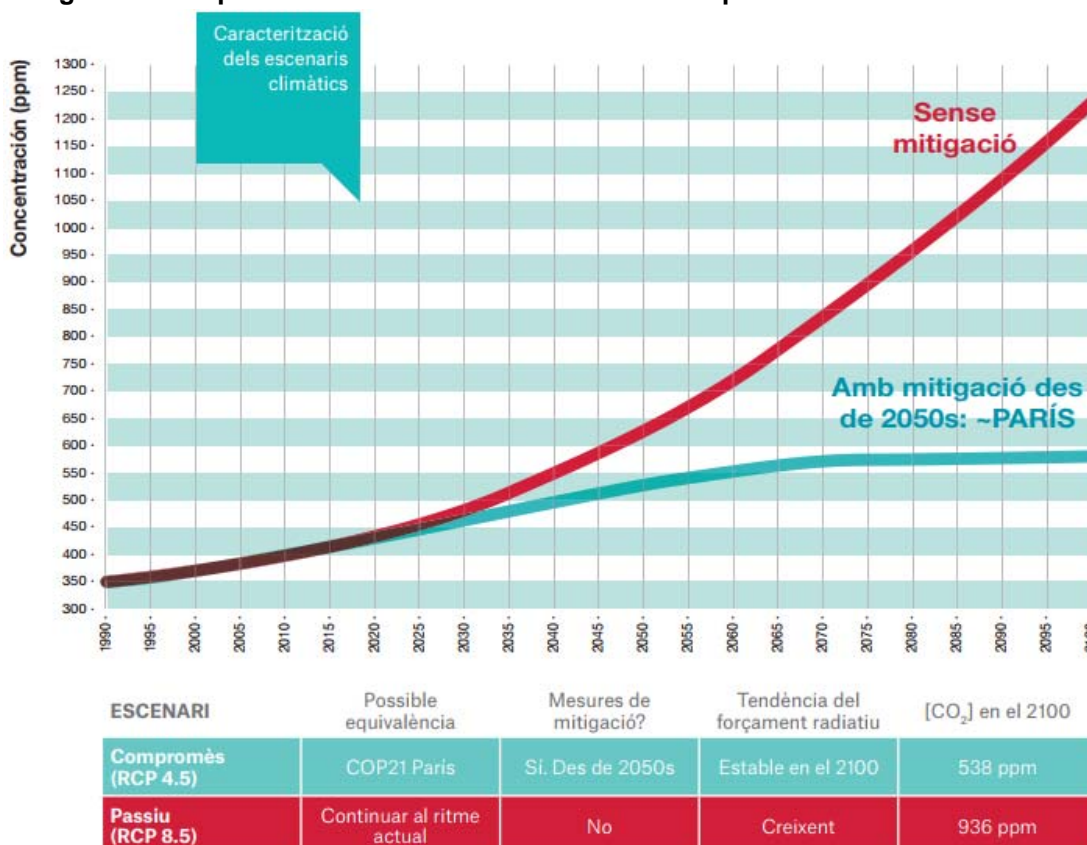
Recordem que les definicions dels escenaris era la següent:

- **L'escenari compromès** (o també RCP4.5) representa assolir els objectius de reducció d'emissions de l'Acord de París de 2015. En aquest escenari, la concentració de GEH (Gasos amb Efecte d'Hivernacle) arribaria a ser superior a l'actual a final de segle,

però l'increment s'atenuaria a partir del 2030 a fi de limitar l'augment màxim de la temperatura global del planeta a 1,5-2°C.

- L'**escenari passiu** (o també RCP8.5), en canvi, representa la situació en què no s'assolirien els objectius marcats a París, de manera que les concentracions de GEH a finals de segle serien molt superiors a les actuals. L'augment de temperatura global superaria àmpliament els 2°C.

**Imatge 38: Principals escenaris climàtics analitzats en aquest treball**



### 2.3.2. Impactes sobre la vegetació

El canvi climàtic i, sobre tot, l'increment de la temperatura es reflecteix en la resposta fenològica de les plantes.

Quan mirem els canvis fenològics a escala mundial ens trobem amb alteracions tan importants com ara l'augment d'un 20% de l'activitat biològica en els últims 30 anys a causa, en gran part, de l'allargament del període productiu (Peñuelas y Filella 2001).

Les dades de l'índex de vegetació normalitzat (NDVI), corroboren les dades fenològiques dels observadors terrestres, i mostren com en els últims 20 anys, l'estació de creixement dels vegetals s'ha allargat 18 dies a Euràsia, traduint-se en un augment de la biomassa verda, almenys en latituds superiors als 40°. L'increment en la productivitat vegetal de les últimes dècades, que s'havia atribuït a aquest efecte fertilitzant del CO<sub>2</sub> i de les deposicions de nitrogen, pot ser degut també en part a aquest augment de temperatura i a aquest allargament de l'estació de creixement (activitat vegetativa). (Diaz et al. 2006).

Observacions basades en la Xarxa Internacional de Jardins Fenològics han posat de manifest que a Europa la brotada de les fulles dels arbres s'ha avançat una mitjana de 6,3 dies entre

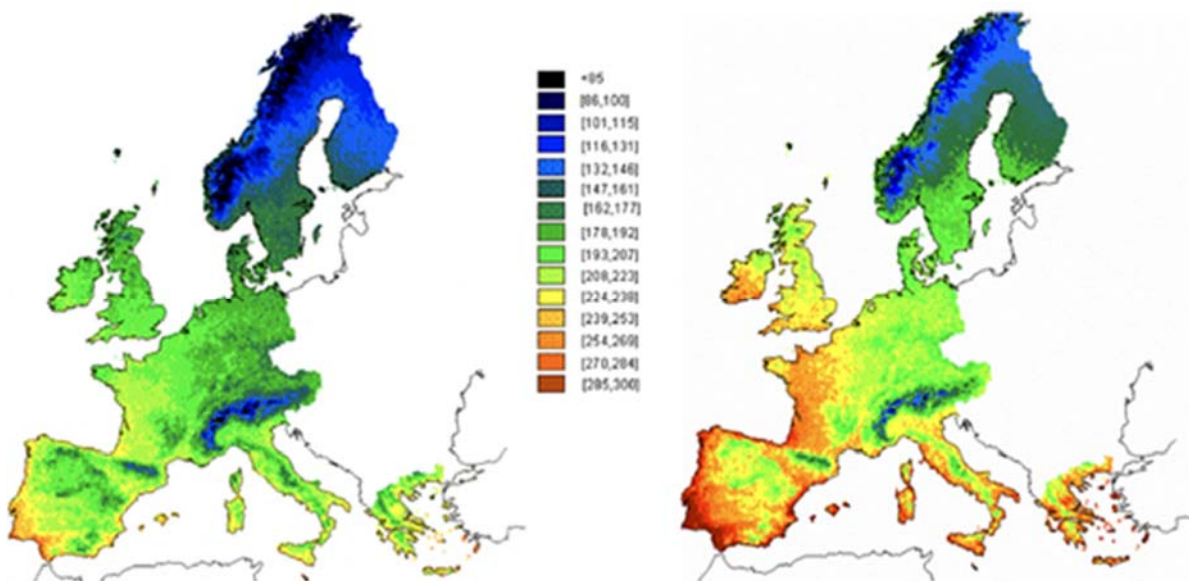
1959 i 1996. Al mateix temps, el període vegetatiu s'ha allargat 4,5 dies a la tardor. En total, doncs, el període vegetatiu s'ha allargat 10,8 dies en poc menys de 40 anys. Però ni totes les espècies responen de la mateixa manera ni els canvis es produeixen amb la mateixa intensitat en totes les latituds.

Es pot relacionar el valor de diferents variables fenològiques en cada punt del continent amb el patró anual de la sèrie local de temperatures diàries i de precipitació 1960–1990. Un cop establerta aquesta relació, és possible explorar com variarà la fenologia sota diferents escenaris climàtics futurs. Amb les sèries de temperatures futures estimades per cada píxel amb els models de circulació atmosfèrica, el CREAM ha explorat amb el model GOTILWA+ com variarà la durada del període vegetatiu en el futur.

Els resultats prediuen que el període vegetatiu s'allargarà de manera desigual. L'any 2080 la seva durada mitjana al mediterrani passaria de 207 a 257 dies, mentre que a la regió boreal s'allargaria de 140 a 173 dies. Als països escandinaus tindria una durada 30 dies superior a l'actual, mentre que als països mediterranis s'allargaria entre 44 dies a Portugal i 60 dies a Espanya. Aquest allargament del període vegetatiu comporta la capacitat de transpirar una quantitat suplementària d'aigua.

En les condicions mediterrànies en què l'aigua resulta, avui per avui, el factor més limitant per a la vegetació i en què tant els models com les observacions empíriques indiquen una reducció futura de la disponibilitat hídrica, el conflicte entre l'augment dels requeriments i la reducció de les disponibilitats pot suposar unes condicions localment difícils o impossibles de superar per a algunes espècies.

**Imatge 39: Durada del període vegetatiu (en dies) observada segons la Xarxa Internacional de Jardins Botànics Fenològics (esquerra) i estimada l'any 2080 amb el model GOTILWA+ (dreta) en un escenari socioeconòmic moderat A2 (IPCC, 2003), segons les condicions climàtiques predites pel model HadCM3.**



Font: CREAM

La reducció de la disponibilitat d'aigua intensificarà la competència aèria entre les plantes, i es veuran afavorides aquelles que tinguin una millor tolerància o capacitat d'evitar l'estress hídric. (Rambal i Debussche, 1995).

Les rouredes de roure martinenc, en el seu límit inferior, possiblement siguin reemplaçades per alzinars.

Pel que fa als alzinars, les prediccions del canvi climàtic a la Mediterrània preveuen una aturada més severa del creixement a l'estiu, però també una possible represa major a la tardor per l'augment de la temperatura i la concentració de la precipitació en aquesta època de l'any.

La capacitat competitiva del pi blanc enfront de les alzines pot augmentar amb l'aridificació i amb la recurrència de les pertorbacions (Zavala, 1999, 2003; Zavala et al., 2000; Fernández-González et al., 2005).

Les noves condicions previstes poden afavorir l'expansió de les comunitats arbustives mediterrànies, formades per plantes que estan ben adaptades a resistir el fort dèficit hídric estival i les temperatures altes. La seva expansió pot portar a un retrocés de les comunitats arbustives d'ambients més humits.

Les espècies vivaces més resistents a la sequera, com el llistó (*Brachypodium retusum*) podran desplaçar a les mesòfiles i menys tolerables al dèficit hídric com el fenàs (*Brachypodium phoenicoides*).

La majoria dels impactes apunten cap a una simplificació estructural i a una reducció de la cobertura en les noves comunitats, on hi haurà menys interrelacions entre les espècies, i molt probablement hi siguin més abundants les espècies que tinguin una major amplitud ecològica, més amplitud geogràfica i altitudinal, més tolerants a l'estrès hídric, amb una ampla plasticitat fenotípica i variabilitat genètica (Valladares et al., 2005).

En conjunt aquests canvis fan preveure que en les properes dècades hi hagi ecosistemes en estadis de la successió més primerencs, menys complexos i amb menys diversitat des del punt de vista ecològic (Peñuelas et al, 2005).

A Catalunya aquests canvis ja s'han començat a fer notoris. Les fulles dels arbres surten, de mitjana, 20 dies abans que fa 50 anys. Així per exemple, la pomera, l'om i la figuera treuen les fulles amb un mes d'antelació i l'ametller i el pollancre ho fan 15 dies abans. A Cardedeu les fulles de diferents espècies d'arbres caducifolis surten, de mitjana, 16 dies abans i cauen 13 dies més tard que fa 50 anys. (Peñuelas, Filella i Comas 2002). En canvi, d'altres arbres, com per exemple el castanyer, gairebé no semblen modificar la seva fenologia. A més, les plantes també floreixen i fructifiquen, de mitjana, 10 dies abans que fa 30 anys.

Al Montseny, en les darreres dècades, els faig s'han desplaçat 70 metres cap a majors altituds fins arribar a les carenes i les alzines també fins arribar als 1.400 metres d'altitud. (Peñuelas i Boada, 2003).

### 2.3.3. Impactes sobre la fauna

El coneixement que es té sobre els impactes que el canvi climàtic pot tenir sobre la fauna a la conca del mediterrani és avui per avui escàs. Obtenir sèries llargues i realitzar experiments amb animals és molt difícil, i dificulta la millora d'aquest coneixement. Es coneix però, que el canvi climàtic i el canvi en els usos del sòl estan generant nous escenaris paisatgístics als que la fauna s'ha d'adaptar si vol sobreviure. Tanmateix, l'adaptació a aquests canvis és variable segons l'espècie, que pot mantenir-se al mateix lloc i adaptar-se als canvis de les condicions

ambientals, pot fugir a llocs més òptims, o, si no és capaç d'adaptar-se, pot acabar desapareixent. De fet, comencem a trobar noves combinacions d'espècies que sorgeixen dels diferents graus d'adaptació que té la fauna davant dels canvis de l'ambient. (Joppa 2012).

No obstant això, a la llum dels canvis climàtics que s'estan produint, sí que s'entreveuen possibles impactes més severos en uns determinats grups, especialment de les espècies més vinculades a l'aigua.

Es preveuen efectes sobre la diversitat faunística, tant en rius temporals i intermitents (per l'accentuació i l'allargament dels períodes secs) com en rius amb cabals més regulars (per l'augment de freqüència dels anys secs). L'augment de la freqüència de les crescudes també tindrà un impacte greu sobre la comunitat d'organismes (Prat i Munné, 2009b). Alguns estudis preveuen l'extinció local de moltes espècies de peixos en rius de latituds com la Mediterrània com a conseqüència de la reducció del cabal, atès que la riquesa de peixos depèn de la mida de la conca, però encara més del seu cabal mitjà (Garcia-Berthou, 2009).

També es preveu un increment en el nombre d'espècies al·lòctones invasores, que, afavorides per les noves condicions hidroclimàtiques, competiran pels recursos amb les espècies autòctones, estressades per les noves condicions. El canvi climàtic possibilitarà l'establiment de noves espècies (com les tropicals o subtropicals) i afavorirà l'ampliació de la seva distribució (Garcia-Berthou, 2009).

Es preveu també la migració i/o dispersió d'espècies mediterrànies cap a ecosistemes d'aigua dolça de països del nord d'Europa, així com dispersió d'espècies típicament africanes i de la conca est de la Mediterrània cap als països de la conca nord. També es pot donar el desplaçament en altitud d'algunes espècies. Aquest pot ser un mecanisme d'extinció local d'espècies pròpies d'aigües fredes (Prat i Munné, 2009b).

Un dels grups més amenaçat en aquest sentit són els amfibis -en declivi arreu del món- per ser ectotèrms, tenir una fase larvària aquàtica i limitada mobilitat i una biologia sensible als canvis multicausa. Actualment la majoria d'espècies d'amfibis a Catalunya es troben ja en regressió (Sanuy D, 2008)

El canvi climàtic també pot tenir efectes rellevants sobre moltes espècies de rèptils sobre els quals l'augment de les diferències de temperatures entre estacions podria generar un biaix en el sexe de les poblacions, ja que el sexe dels rèptils es determina en funció de l'escalfor rebuda durant la incubació de l'ou. L'augment de temperatures també pot suposar un canvi en la regulació tèrmica d'aquest grup provocant majors necessitats de refugi i menor temps per a una correcta alimentació.

Pel que fa a espècies bioindicadores com les papallones i els ocells, actualment s'observa una afectació més marcada en les papallones.

35 de les 57 espècies de papallones més comunes a Europa han sofert desplaçaments notables cap al nord en la seva distribució durant el segle XX. (Parmesan et al. 1999).

En realitat, aquest tipus de resposta és també habitual en molts altres insectes, ja que com a organismes ectotèrms la seva activitat depèn fortament de la temperatura externa. (Gordo i Sanz, 2005).



L'anàlisi de les dades del CBMS (Catalan Butterfly Monitoring Scheme) mostren com el 70% de les espècies de ropalòcers analitzades estan en regressió a Catalunya. Els efectes més significatius es produeixen sobre espècies especialistes, però també n'hi ha moltes de generalistes que estan en declivi.

A la zona de Cardedeu, a partir de dades recollides sistemàticament des de 1952 a 2000 s'ha observat que la papallona blanqueta de la col (*Pieris rapae*) (espècie plaga per aquest conreu), ha avançat el període de vol 11,4 dies (Peñuelas et al, 2002).

Una situació similar es va observar entre el 1988 i el 2002 pel conjunt de la comunitat de papallones del Cortalet (Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà). Durant aquest període 16 de les 18 espècies estudiades van avançar entre 1 i 3 setmanes el seu període de vol (Stefanescu et al. 2003).

A Catalunya disposem de casos recents d'expansions sobtades d'espècies típicament africanes, que fins fa poc mai no havien estat detectades tan al nord. L'exemple més paradigmàtic possiblement és el de la papallona tigre (*Danaus chrysippus*) que ha establert poblacions reproductores temporals a les principals zones d'aiguamolls de Catalunya.

Aquest fenomen comporta un risc real sobre l'agricultura, ja que una proporció alta d'aquests elements subtropicals (especialment el grup de les papallones nocturnes) poden convertir-se en plagues importants per als conreus.

Pel que fa al grup dels ocells, si bé s'observen alguns canvis fenològics com l'avançament de la migració a la primavera i el retard a la tardor en algunes espècies, els canvis recents en la distribució de les espècies no semblen estar molt relacionats amb el canvi climàtic, i tenen una relació molt més forta amb el canvi d'usos del sòl, les accions de conservació i el règim de perturbacions. Hi ha algunes espècies ben adaptades al medi urbà que han vist dilatat el seu període reproductor per l'absència de glaçades i/o temperatures fredes –sota els 5°C-. Entre aquestes espècies s'hi compta el colom roquer (*Columba livia*) o la tórtora turca (*Streptopelia decaocto*). L'allargament del període benigne tèrmic (pot ser de 10-11 mesos a l'any) els ha permès fer fins a 8-9 postes per comptes de les 4-5 que els són més típiques. A més, la bonança tèrmica comporta un major èxit reproductor, ultra l'abundància de recursos tròfics. Algunes espècies que eren estrictament estivals com la cigonya (*Ciconia ciconia*) o la puput (*Upupa epops*) estan modulant la seva fenologia i, any rere any, són més els exemplars que resten aquí tot l'any, intensificant el seu caràcter sedentari.

En el futur, però, es pot esperar una disminució dels ocells aquàtics degut a la disminució de masses d'aigua superficials, i possibles desajustos en la disponibilitat de recursos degut al major estrès hídric que podran patir els boscos. (Brotons, 2010).

Alguns canvis ja s'observen, per exemple en la data mitjana a de pas post-nupcial de rapinyaires migradors observada des del Turó de la Magarola (Collserola), que mostra un avançament d'uns quatre dies passant del 23 de setembre als inicis del seguiment (1989) al 19 de setembre de l'any 2009. En canvi, no s'aprecien canvis respecte les dates de màxim pas durant aquest mateix període i tampoc s'aprecia gaire tendència respecte la data mitjana de pas (Cahill, 2010).

L'escalfament global de bracet amb l'increment de mobilitat intercontinental de persones i béns de consum ha fet augmentar el risc d'expansió d'espècies plaga i de malalties que s'hi vinculen i, és clar, són transmeses per elles.

Les erugues de la processonària del pi (*Thaumetopoea pityocampa*) tenen pèls verinosos que són al·lergènics i que provoquen picors, butllofes i dificultats respiratòries als humans. Pot representar un greu problema sanitari quan ataca els arbres de parcs públics, jardins, carreteres o altres espais naturals amb un ús humà intensiu. Amb el canvi climàtic allarguen el seu cicle d'activitat i, per tant, els danys sobre els pins i afectacions indirectes sobre les persones. El canvi climàtic també ha afavorit la seva expansió cap al nord, en latitud, i cap a cotes més altes, en altitud.

El mosquit tigre (*Aedes albopictus*) és una de les espècies animals que ha experimentat expansió més ràpida durant les dues últimes dècades. Pluges de 500 mm o més són suficients per proporcionar bones condicions de cria a aquest insecte. És un mosquit nadiu del sud-est d'Àsia que ha arribat a través del comerç de pneumàtics i plantes d'aigua. Es pot localitzar ara al sud i el centre d'Europa, el sud d'Àfrica. Des que es va localitzar per primer cop a Sant Cugat del Vallès el 2004 continua la seva expansió geogràfica i de densitat per les zones càlides o temperades i humides del país. Ja és a un terç dels municipis de Catalunya. Té un comportament molt agressiu i pot transmetre virus perillosos com el del "chikungunya", el dengue o l'encefalitis de Lacrosse. La "chikungunya" és una malaltia que es transmet per mosquits del gènere *Aedes* com el mosquit tigre. Aquests mosquits proliferen on les condicions ambientals els hi són favorables i el cicle del paràsit està molt lligat a la temperatura cosa que pot accelerar el cicle vital del mosquit.

Els tèrmits s'alimenten de matèria vegetal morta, però un 10% d'aquestes espècies són responsables de produir danys estructurals en edificis i en plantacions forestals. Les elevades temperatures permeten l'expansió cap al nord i a més alçada dels tèrmits.

Per sobre dels 20°C les paneroles doblen la seva taxa de cada 5°C d'augment de temperatura. O sigui que l'escalfament global augmenta la taxa a la qual aquesta plaga es multiplica i afavoreix la colonització de noves àrees. Al nostre país han augmentat les paneroles americanes, especialment a la zona sud, i fins i tot centre de la península. Els hiverns suaus i temperats els permet sobreviure i reproduir-se durant més temps. No només la seva presència a les llars i empreses és desagradable sinó que també poden transmetre malalties ja que estan constantment en contacte amb productes en descomposició que poden transportar patògens.

Amb temperatures elevades, generalment per sobre dels 30°C, algunes espècies d'escarabats poden volar, la qual cosa els proporciona millors oportunitats per penetrar dins dels edificis en la seva recerca de nous llocs que colonitzar. Els exemplars del gènere *Tomicus* aprofiten el debilitament dels arbres del gènere *Pinus* en períodes de sequera per atacar-los i, finalment, matar-los. Els atacs es produeixen tant pels adults com sobretot per les larves que alimentant-se del floema penetren lleugerament al xilema. S'interromp la circulació a l'arbre fins que mor en pocs mesos. En els darrers anys aquests atacs han incrementat la seva freqüència i al Maresme les hectàrees afectades són de magnitud rellevant.

### **2.3.4. Impactes sobre les funcions ecològiques i els serveis ecosistèmics**

Alguns estudis demostren que l'augment de CO<sub>2</sub> atmosfèric pot incrementar el creixement d'arbres i matolls, així com la fullaraca i les arrels i, per tant, la producció primària neta. Tanmateix, en el cas dels ecosistemes mediterranis, però, el principal limitant productiu és

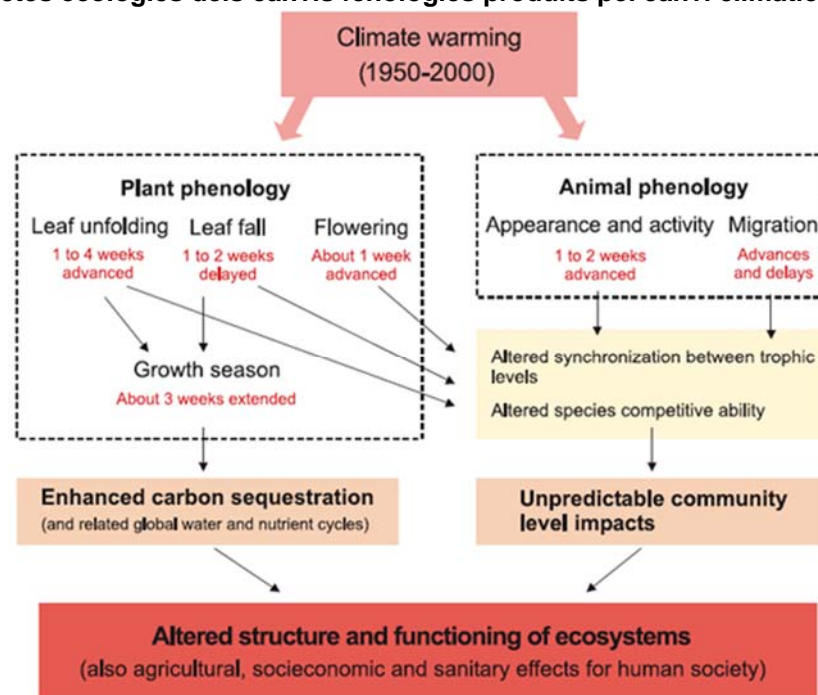
l'aigua. En aquest sentit, el canvi climàtic en aquest entorn fàcilment farà disminuir la humitat del sòl, provocant una disminució de la productivitat dels ecosistemes (Llebot et al 2010).

D'altra banda, en zones tan dinàmiques com l'Àrea Metropolitana de Barcelona, els canvis dels usos del sòl i la fragmentació del territori poden generar situacions extremes per a determinats ecosistemes, dificultant les migracions d'espècies provocades pel canvi climàtic o posant en perill determinades poblacions per les sinèrgies existents entre els efectes del canvi climàtic i els canvis territorials de l'àmbit. (Llebot et al. 2010).

La funcionalitat ecològica dels ecosistemes depèn en gran part de les relacions que s'estableixen entre les espècies. Aquestes són diverses i complexes. En aquest sentit, com s'ha vist, el canvi climàtic pot estar afectant de forma diferencial a diverses espècies de fauna i flora generant asincronies que poden afectar a la funcionalitat de determinats ecosistemes.

Els canvis en els ritmes d'activitat de les diferents espècies poden afectar les seves habilitats competitives i, per tant, la seva ecologia i conservació, amb un impacte difícil de predir en l'estructura de les comunitats i el funcionament dels ecosistemes. Per exemple, es produeixen asincronies entre les activitats d'algunes plantes i els seus herbívors o els seus pol·linitzadors. (Peñuelas, Filella i Comas 2002).

**Imatge 40: Efectes ecològics dels canvis fenològics produïts pel canvi climàtic**



Font: CREAM

Els canvis fenològics poden tenir repercussions negatives rellevants en els ecosistemes, sobretot si comporten una pèrdua de sincronia entre els elements de les xarxes tròfiques. Els pocs estudis disponibles suggereixen un risc real en aquest aspecte que podria comportar, per exemple, una reducció important en l'eficiència pol·linitzadora de molts insectes.

Per exemple, els dípters poden ser els visitants més freqüents (en nombre) de flors quan les temperatures són més baixes. Les espècies més dependents d'aquest grup per a la seva pol·linització, podrien patir de forma més acusada els efectes del canvi climàtic.

L'increment de la sequera que pot comportar el canvi climàtic en les següents dècades podria tenir impactes molt rellevants sobre la relació entre lepidòpters i l'època de màxima floració de les flors que s'alimenten. En casos extrems aquesta separació és de 160 dies i, si això continua, podria comportar grans davallades en les poblacions de papallones. Al seu torn, si es reduís l'eficiència de pol·linització de les papallones (i altres grups d'insectes pel mateix motiu) apareixerien davallades en les poblacions de plantes. Un impacte que podria ser més greu sobretot per les erugues d'aquestes espècies ja que tenen una dependència més forta amb les plantes de les quals s'alimenten (Donoso et al. 2016).

Cal tenir en compte, que es calcula que el 16% dels pol·linitzadors vertebrats està en perill d'extinció i més del 40% de les espècies invertebrades estan amenaçades. El declivi dels insectes a nivell mundial és una evidència (Dirzo, 2014). No obstant això, el retrocés d'alguns pol·linitzadors està associat a diversos factors conjuntament: Els canvis d'ús en el territori, com poden ser la pèrdua o fragmentació dels hàbitats; la utilització de productes químics (agroquímics, insecticides, herbicides, fertilitzants); la introducció d'espècies invasores i el propi canvi climàtic.

El canvi climàtic pot generar també la modificació de les relacions entre espècies en espais fluvials, en especial les interaccions entre depredadors i preses i entre insectes i plantes, a causa dels canvis fisiològics, fenològics i de comportament de diferents espècies arran dels canvis en els cabals, la temperatura i la freqüència dels períodes d'inundació i sequera. Com que les diferents espècies respondran de manera diferent al canvi climàtic i alteraran la seva abundància i distribució, canviaran les relacions i interaccions entre si, es produiran noves associacions d'espècies i els ecosistemes seran diferents (Garcia-Berthou, 2009).

D'altra banda, els ecosistemes terrestres de l'AMB proporcionen múltiples serveis ambientals a la seva població: productius (aliments, productes de fusta, caça, bolets, etc.), ambientals (manteniment de la biodiversitat, regulació atmosfèrica i climàtica, regulació dels cicles biogeoquímics, protecció de l'erosió del sòl, regulació hidrològica, o l'emmagatzematge de carboni) i socials (usos recreatius, educatius i de lleure, oportunitats per la recerca, valors tradicionals, culturals i emocionals, valors paisatgístics, etc.).

És evident que el canvi climàtic afectarà molts d'aquests béns i serveis que els ecosistemes proporcionen i, per tant, afectaran els sistemes socioeconòmics o el també anomenat capital natural. No obstant això, tal com especifica el "Segon informe sobre el canvi climàtic a Catalunya (2010)" calen més estudis per a conèixer i gestionar millor en quin grau aniran produint-se aquests i nous canvis.

Existeixen ja alguns estudis com els de Carles Gracia sobre el pi blanc (*Pinus halepensis*) a Collserola que demostren que el valor econòmic dels boscos de pi blanc pot decréixer en el context del canvi climàtic, i que tant les variables ambientals com les econòmiques són susceptibles de ser optimitzades, estimant el valor o cost de diferents escenaris ambientals en termes econòmics o de l'ús de l'aigua, i estudiant la resposta fisiològica de les espècies vegetals a les condicions ambientals, per dissenyar estratègies de gestió adequades. (Lebot et al 2010).

**Taula 4: Cost del canvi climàtic en els boscos de pi blanc de Collserola en l'escenari BAU (CO2 estabilitzat als valors actuals) i CC (CO2 : 700 ppm el 2100)**

Suelo de 50 cm			
	BAU	CC	
VES €/ha	2289	1286	<b>1003</b>
PNP m <sup>3</sup> /ha·y	4.97	4.71	<b>0.26</b>
EUAT m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	630	517	<b>-113</b>
Suelo de 150 cm			
	BAU	CC	
VES €/ha	3915	1412	<b>2503</b>
PNP m <sup>3</sup> /ha·y	6.46	4.81	<b>1.65</b>
EUAT m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	627	567	<b>-60</b>

Font: Carles Gràcia. Models de gestió i tria d'espècies vegetals als boscos urbans, parcs i jardins en un context d'escassetat hídrica progressiva. Workshop sobre la problemàtica i els efectes del canvi climàtic en l'àmbit metropolità, 22/02/2013

Per tant, els seus boscos poden perdre capacitat de fixació de carboni fruit d'un major estrès hídric.

Més enllà dels ecosistemes terrestres situats als grans espais oberts de l'AMB, part dels serveis ambientals dels ecosistemes el proporcionen els espais verds urbans i periurbans, l'anomenada infraestructura verda urbana.

Els espais verds urbans tenen efecte en la qualitat de l'aire, les emissions biogèniques, els gasos d'efecte hivernacle, en el consum energètic, en la reducció sonora, en el cicle hidrològic o en els usos recreatius, el benestar i la salut (Terrades, 2013).

No obstant això, el segrest net directe de carboni del verd urbà representa només un 0,13% de les emissions de GEH totals en el cas de Barcelona per exemple.

Els problemes més rellevants que el canvi climàtic pot tenir sobre la infraestructura verda urbana afecten la capacitat de segrest i emmagatzematge de carboni que podria disminuir amb la disminució de les precipitacions i l'augment de l'evapotranspiració de la vegetació. Les espècies més vulnerables a l'empitjorament del règim hídric serien l'alzina, el plàtan i, en menor mesura, el pi blanc. Una altre problemàtica important podria ser l'augment de patologies (fongs i insectes). A nivell d'ús social, el canvi climàtic podria provocar l'expansió d'espècies problemàtiques com el mosquit tigre, o l'excés de calor i la minva de les platges que podria tenir un efecte sobre el turisme. (Terrades, 2013).

Els matollars mediterranis poden tenir també altres efectes en el canvi climàtic. Per una banda el fet de ser comunitats formades per plantes que acumulen quantitats importants de necromassa, podrà afavorir el risc d'incendi i també la seva propagació, i per l'altra són comunitats que alliberen quantitats importants de COVs (compostos orgànics volàtils) a l'atmosfera.

Es preveu un increment dels danys per malures i plagues. Els arbres estressats són més susceptibles a patir malures i atacs d'insectes. Alguns insectes que constitueixen plagues sembla que poden sortir beneficiades pel canvi climàtic.

Es preveu un increment de la freqüència i la intensitat de les perturbacions. Les noves condicions de més temperatura i menor disponibilitat d'aigua poden afavorir perturbacions com els incendis forestals. (Sabaté, 2011).

Sens dubte en un escenari de canvi climàtic algunes de les plagues en sortiran beneficiades, en aquest sentit els mosquits podrien dir que són la preocupació principal, pel seu paper en la transmissió de malalties. Sembla molt clar que la temperatura afecta tant la taxa de multiplicació com la probabilitat de transmissió. Ja està documentada la pèrdua d'estacionalitat d'algunes poblacions del mosquit tigre (*Aedes albopictus*) a Itàlia i també a Espanya. O sigui que aquest augment de temperatura deixaria sense diapausa hivernal a l'espècie alhora que aquest augment de temperatura a la primavera-estiu-tardor faria augmentar el nombre de cicles reproductors, accelerant el cicle i per tant augmentant les poblacions. No obstant això, els models elementals suggereixen que les temperatures elevades globals milloraran les taxes de transmissió i ampliaran el seu rang geogràfic, però per a dengue, febre groga i malària cal dir que això no ha estat determinant car sembla que les activitats humanes i l'ecologia local han tingut un pes més significatiu.

L'augment de temperatura també es podria considerar un factor de risc per altres tipus de plagues com per exemple els múrids, les paneroles o les cotorretes de pit gris. Totes elles poden perdre la seva estacionalitat reproductora i augmentar així les seves poblacions, amb l'impacte que suposaria això per a la ciutat i la salut pública.

En resum, un impacte important a tenir en compte és que el creixement de les poblacions de determinades vectors considerats plagues que pot provocar un augment en l'exposició tant als animals i les persones a diferents malalties

### **2.3.5. El deute ecològic i el deute d'extinció**

El canvi climàtic pot alterar determinats equilibris existents entre el grau de perturbació i pressions humanes que s'està exercint sobre els ecosistemes i la seva capacitat de regeneració.

Un indicador global per mesurar l'impacte de l'home sobre els ecosistemes i la seva capacitat de regeneració és la petjada ecològica, que mesura la quantitat de terra i mar biològicament productiva que la humanitat necessita per produir els recursos que consumeix i per absorbir els residus i contaminació que genera.

Una de les principals problemàtiques del canvi climàtic és l'afectació que pot tenir sobre la biocapacitat dels ecosistemes, és a dir, sobre la capacitat per regenerar-se després d'una perturbació o de tornar a produir materials biològics.

Quan la petjada ecològica supera la biocapacitat, es considera que existeix un deute ecològic i, per tant, el desenvolupament i activitat humana no és sostenible. En aquest sentit, el canvi climàtic pot estar agreujant el deute ecològic de l'activitat humana.

Aquest context, conjuntament amb d'altres impactes com els canvis de cobertes o la fragmentació dels hàbitats pot fer augmentar el risc d'extinció local de moltes espècies, però

els efectes poden retardar-se en el temps per una qüestió d'inèrcia biològica (espècies que poden trigar dècades o segles a extingir-se). Aquest fenomen s'anomena deute d'extinció.

Els efectes d'aquestes extincions poden estendre's a l'organització de les comunitats i els ecosistemes i al funcionament de les xarxes tròfiques, tot i que es poden veure compensats per processos d'adaptació local.

Així doncs, molts dels efectes del canvi climàtic sobre els ecosistemes, malgrat no siguin encara visibles, poden ser una realitat que estigui ja alterant el funcionament de moltes comunitats i que en el futur suposin l'extinció local de nombroses espècies.

En aquest sentit, el foment de la connectivitat ecològica pot ser un element de resiliència que pugui minimitzar part d'aquest impacte.

## 2.4. POSSIBLES EFECTES FUTURS DEL CANVI CLIMÀTIC A LA BIODIVERSITAT DE BARCELONA

### 2.4.1. Vulnerabilitat de la vegetació

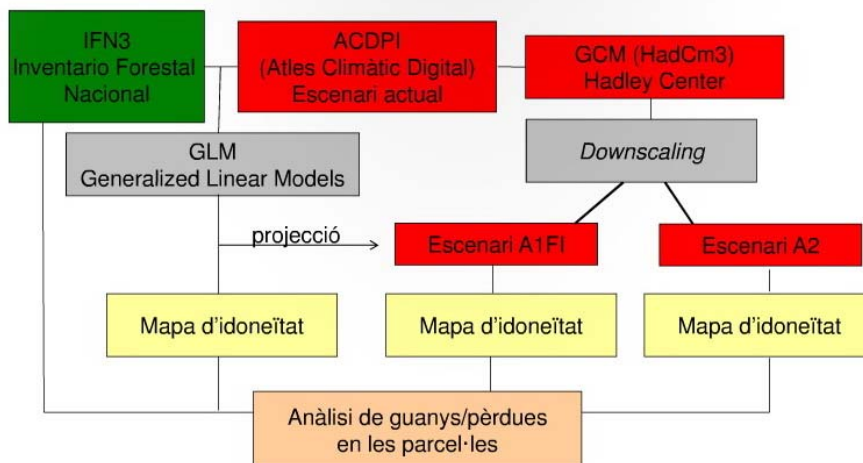
Per tal d'avaluar els possibles efectes del canvi climàtic sobre les principals cobertes de vegetació del municipi de Barcelona s'ha utilitzat la informació disponible de l'Atlas d'idoneïtat topo-climàtica.

Atlas d'idoneïtat topo-climàtica d'espècies llenyoses de la Península Ibèrica representa un conjunt de mapes digitals que mostren el grau d'adequació a les condicions climàtiques de les principals espècies que formen els boscos a tota la Península Ibèrica, tant en l'actualitat com en el futur, amb prediccions per a mitjans d'aquest segle (Període 2050-2080).

L'atles defineix un nínxol ecològic mitjançant el tractament estadístic de dades topogràfiques (altitud, pendents i superfície de fricció), dades climàtiques (temperatura mitjana, precipitació, radiació solar, amplitud tèrmica, evapotranspiració potencial o disponibilitat hídrica) i substrat (geologia i edafologia).

Per generar els atlas d'idoneïtat futura de les espècies llenyoses aplica la definició dels nínxols ecològics als models climàtics derivats dels escenaris A1FI (creixement econòmic ràpid, màxim demogràfic a finals de segle, introducció ràpida de tecnologies més eficients, i utilització generalitzada d'energies fòssils) i A2 (creixement econòmic i desenvolupament demogràfic, tecnològic, i cultural dels països molt desigual). Aquests models han estat baixats d'escala amb el model "HadCm3" (Hadley Centre) fins obtenir una resolució de 0,4 km<sup>2</sup>

**Imatge 41: Procés de generació dels mapes d'idoneïtat topo-climàtica de l'Atlas**



Font: CREA F

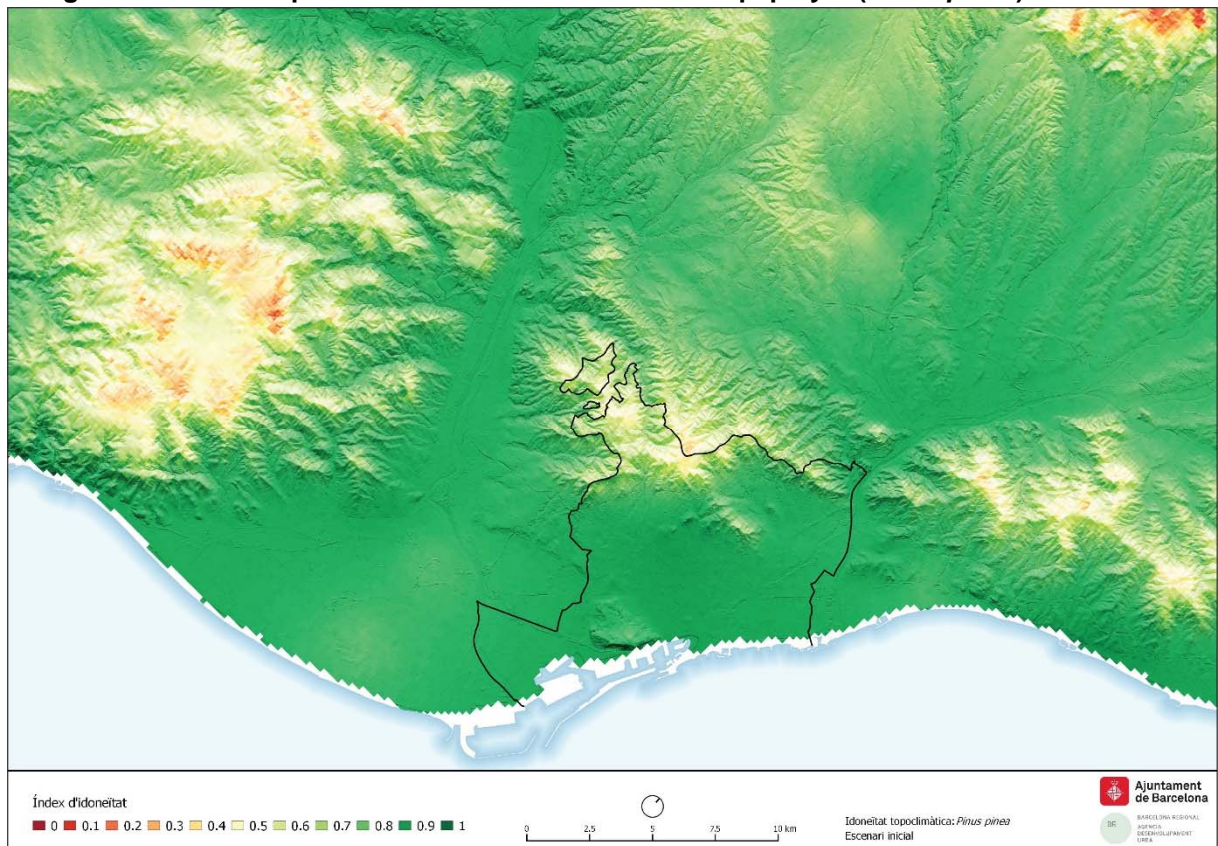
Els resultats finals mostren el grau d'adequació a les condicions climàtiques i topogràfiques de les principals espècies que formen els boscos. Amb aquests mapes podem saber, per a cada 200m del territori de la Península, quina és la idoneïtat (concepte similar a la vegetació potencial però sense cap mena d'assumpció respecte a la vegetació climàtica esperada) topo-climàtica.



Per analitzar el cas de Barcelona, s'han seleccionat els mapes de l'atles referents a les espècies dels boscos presents al municipi: pi blanc (*Pinus halepensis*), alzina (*Quercus ilex*), pi pinyer (*Pinus pinea*), roure martinenc (*Quercus pubescens*) i roure de fulla petita (*Quercus faginea*).

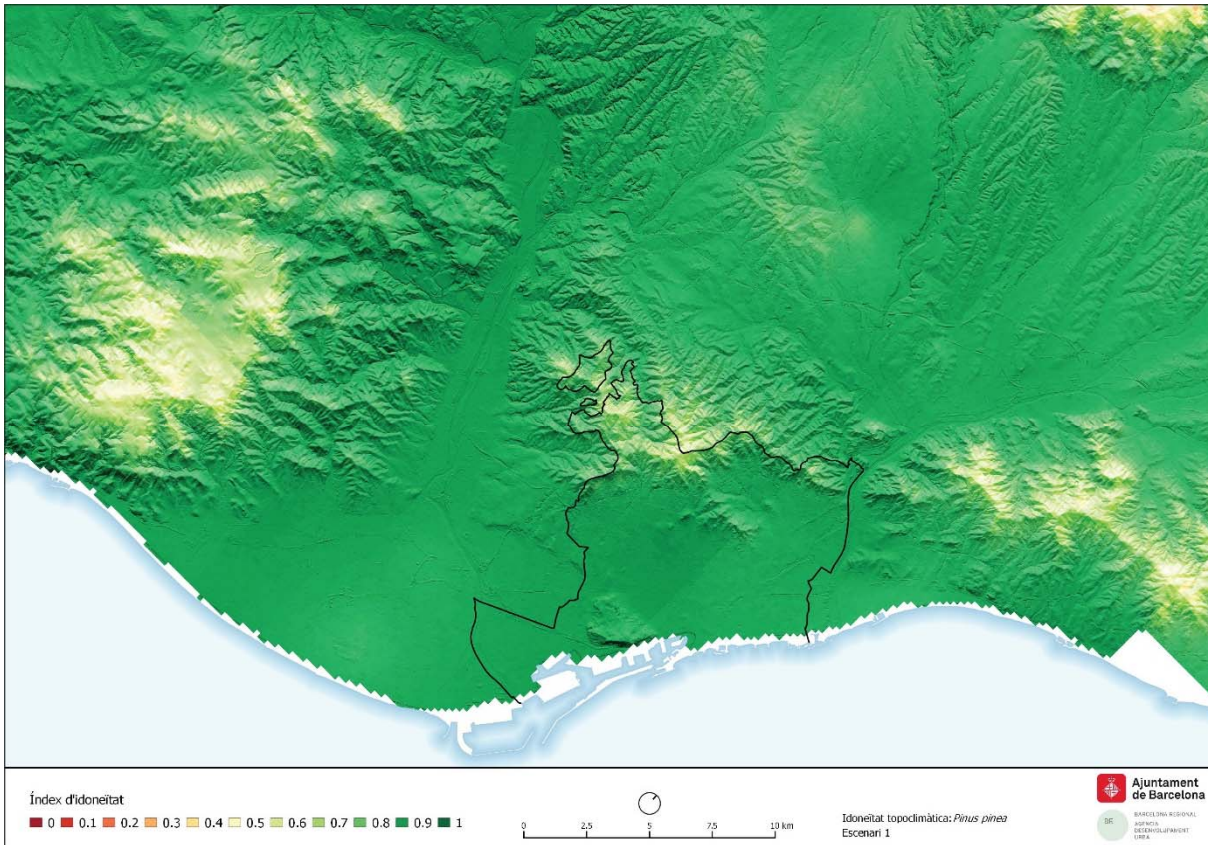
Aquests mapes s'han processat en Sistemes d'Informació Geogràfica per tal de determinar les diferències d'idoneïtat futura de cada espècie i s'han creuat amb les cobertes de boscos actualment existents per tal de determinar quins d'aquests són més vulnerables als efectes del canvi climàtic.

#### Imatge 42: Idoneïtat topo-climàtica actual dels boscos de pi pinyer (*Pinus pinea*)

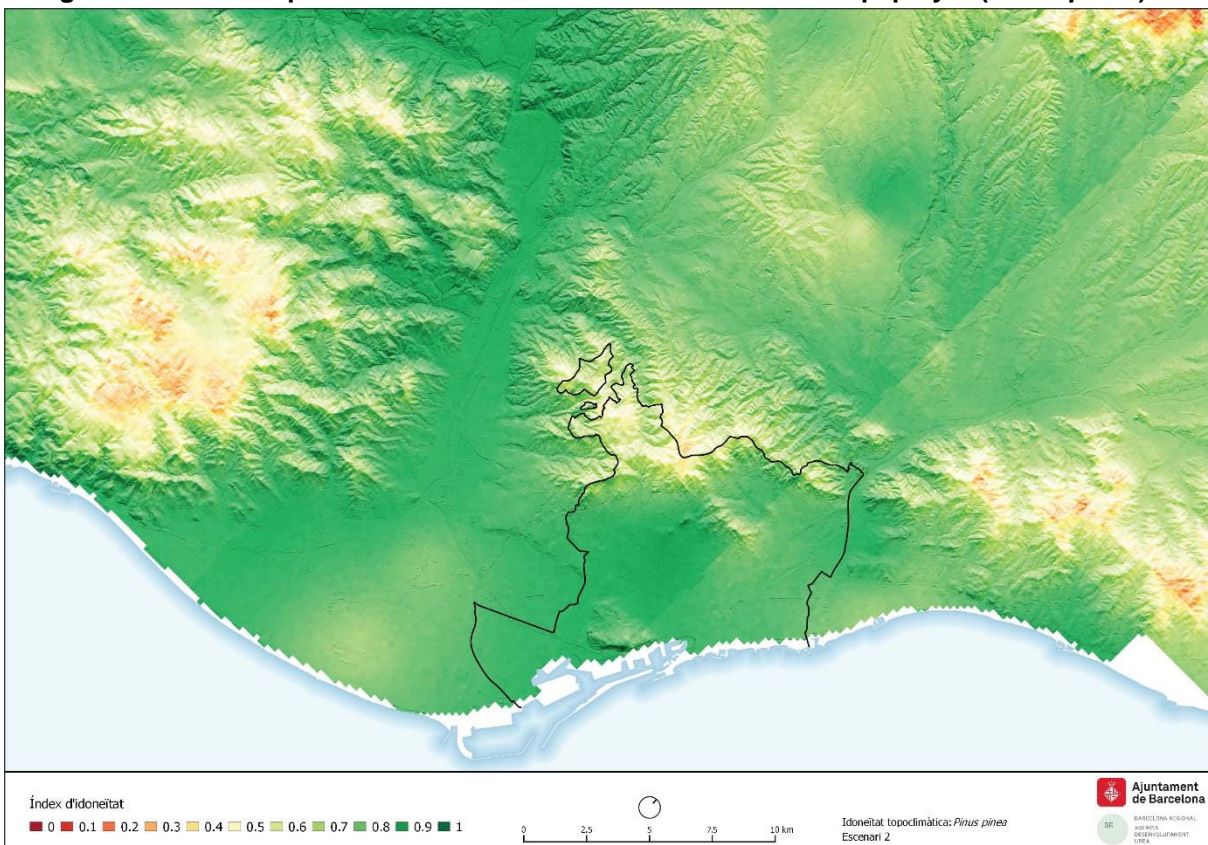


Font: Barcelona Regional a partir de l'Atles d'idoneïtat topo-climàtica (CREAF)

**Imatge 43: Idoneïtat topo-climàtica en l'escenari A1FI dels boscos de pi pinyer (*Pinus pinea*)**



**Imatge 44: Idoneïtat topo-climàtica en l'escenari A2 dels boscos de pi pinyer (*Pinus pinea*)**



Font: Barcelona Regional a partir de l'Atlas d'idoneïtat topo-climàtica (CREAF)

Els resultats mostren un increment de la idoneïtat futura del pi blanc a tot el territori del municipi a excepció dels vessants més solells on la idoneïtat es mantindria.

L'alzina mantindria idoneïtats similars a les actuals en l'escenari A1FI, disminuint la seva idoneïtat només a les parts més orientals del municipi i als vessants més assolellats. En l'escenari A2 disminuiria la seva idoneïtat pràcticament en tot el territori municipal i especialment a la part oriental i els vessants solells.

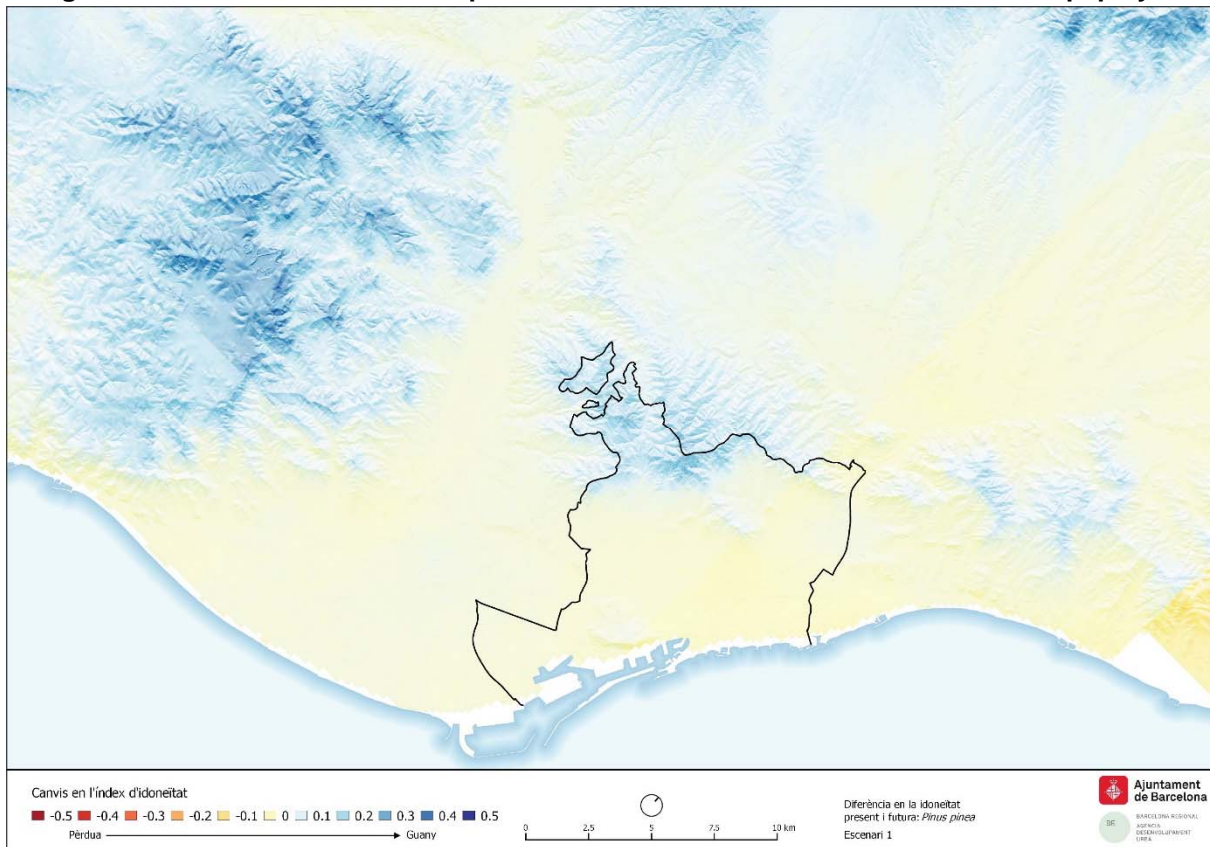
El pi pinyer en l'escenari A1FI mantindria la seva idoneïtat en les cotes baixes i l'augmentaria en les cotes altes, en l'escenari A2 en canvi, mantindria la seva idoneïtat a les zones més occidentals, mentre que podria disminuir-la en els territoris més a l'est del municipi.

El roure martinenc mantindria la idoneïtat a nivells similars als actuals, en els quals ja és bastant baixa en els dos escenaris, mentre que el roure de fulla petita baixaria encara més la seva idoneïtat arreu del municipi, i especialment en els vessants orientats a sud.

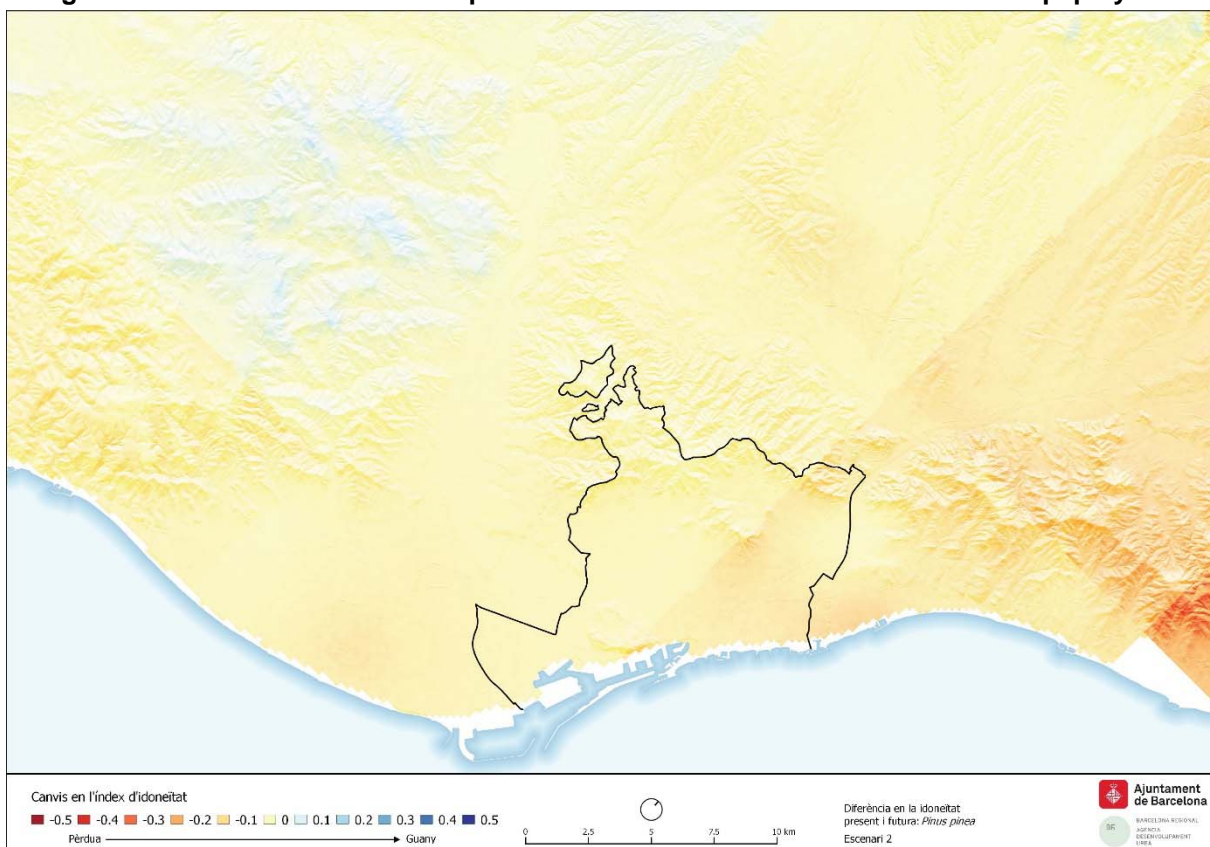
Si creuem les idoneïtats de cada espècie territorialment i ens quedem amb l'espècie amb major idoneïtat en cada punt del territori observem el següent:

- El pi pinyer seria la espècie que actualment té una major idoneïtat topo-climàtica a les cotes baixes del municipi. El pi blanc seria l'espècie amb major idoneïtat a les cotes intermèdies i vessants solells, i l'alzina l'espècie amb major idoneïtat a les cotes altes i els vessants obacs.
- En l'escenari A1FI el pi blanc seria l'espècie amb major idoneïtat topo-climàtica a la practica totalitat del territori del municipi, a excepció d'algunes cotes baixes i zones litorals.
- En l'escenari A2 el pi blanc seria l'espècie amb major idoneïtat topo-climàtica a tot l'àmbit de Barcelona.

**Imatge 45: Variació de la idoneïtat topo-climàtica en l'escenari A1FI dels boscos de pi pinyer**

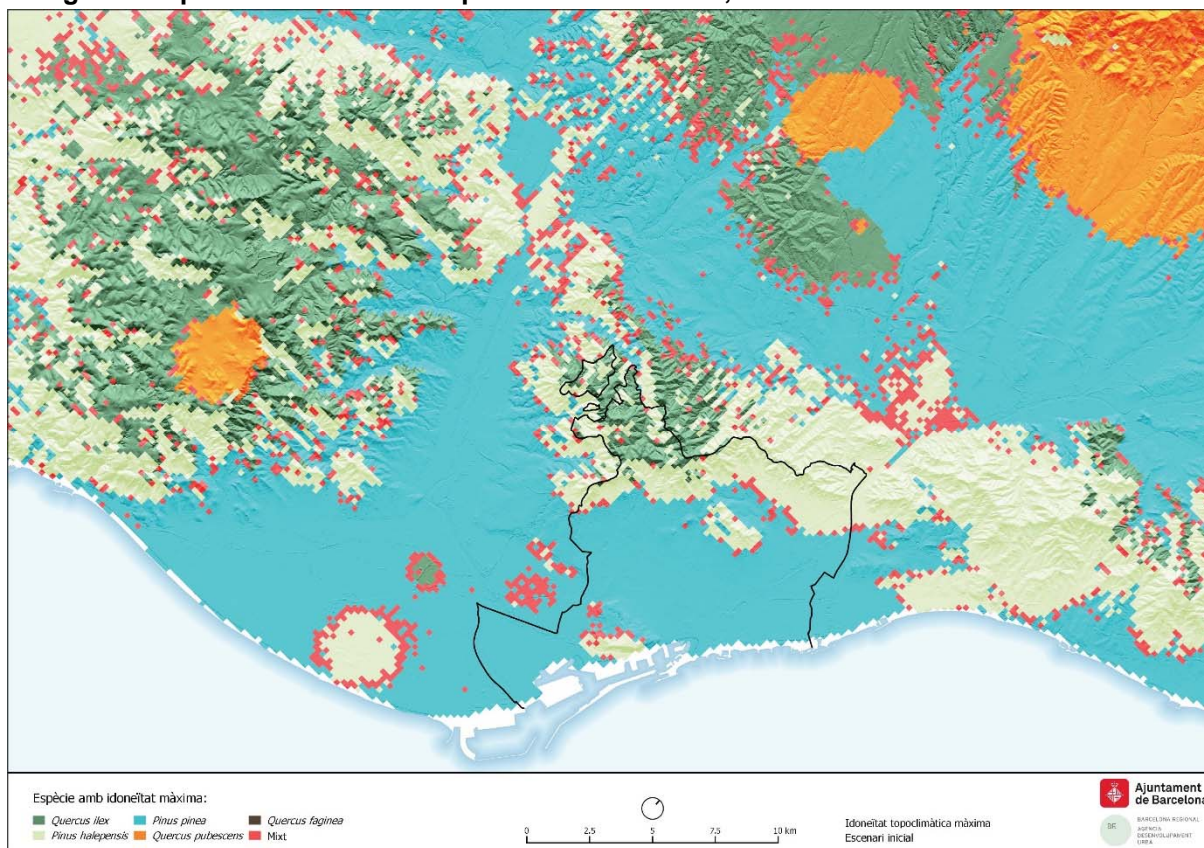


**Imatge 46: Variació de la idoneïtat topo-climàtica en l'escenari A2 dels boscos de pi pinyer**

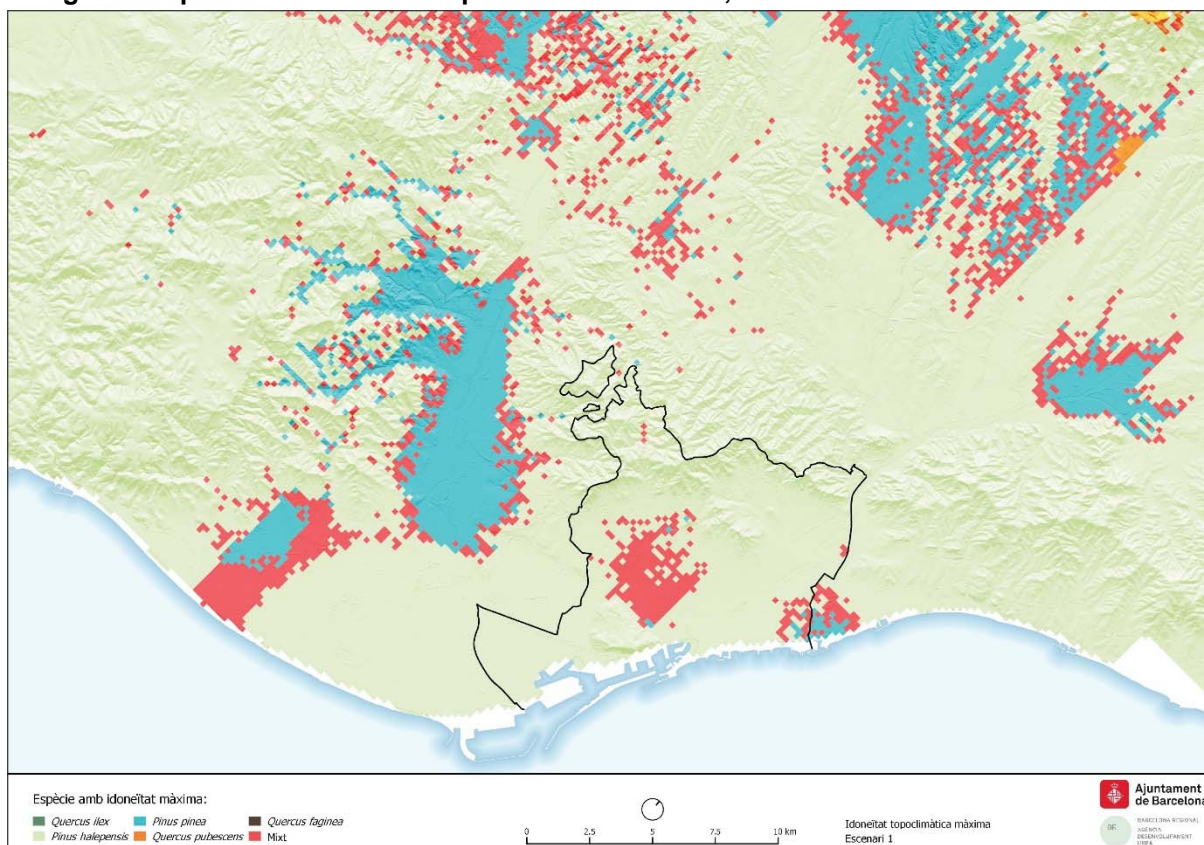


Font: Barcelona Regional a partir de l'Atles d'idoneïtat topo-climàtica (CREAF)

**Imatge 47: Espècie amb idoneïtat topo-climàtica màxima, escenari actual**

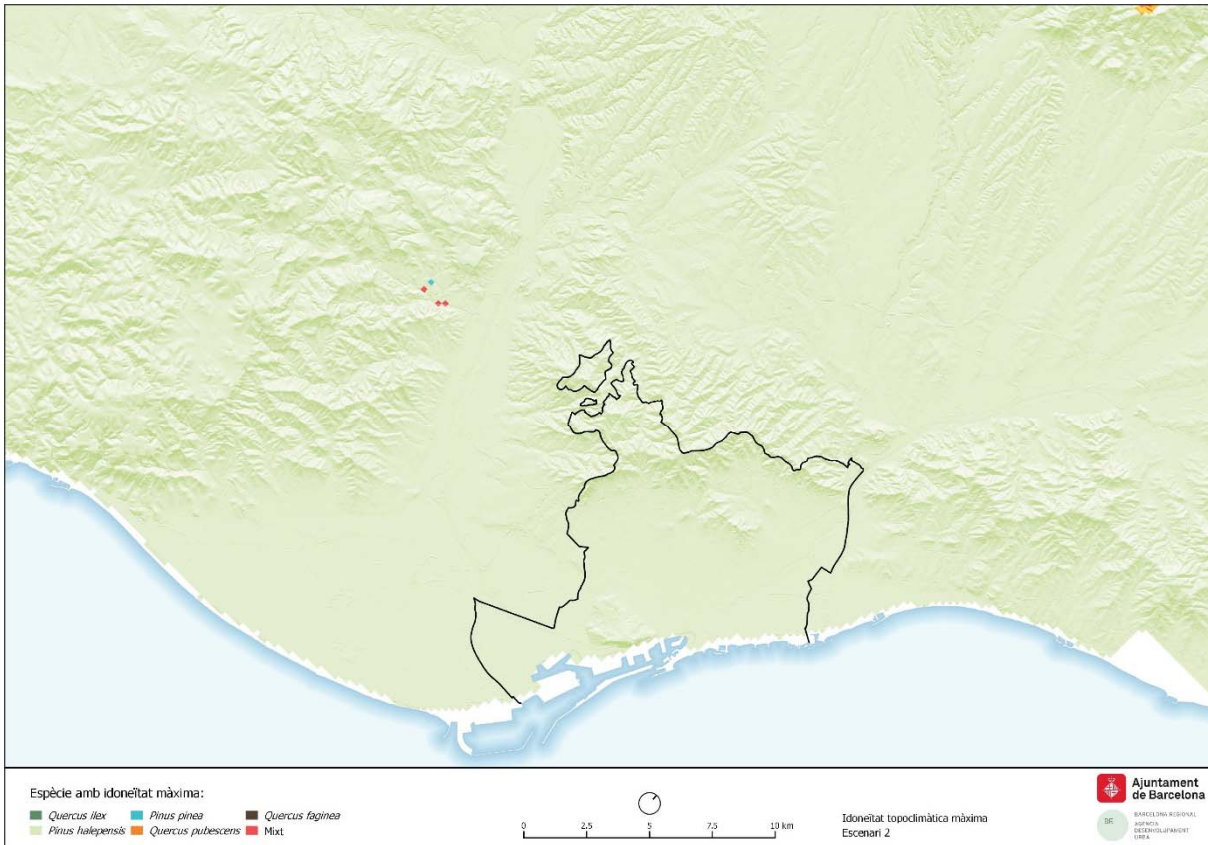


**Imatge 48: Espècie amb idoneïtat topo-climàtica màxima, escenari A1FI**



Font: Barcelona Regional a partir de l'Atlas d'idoneïtat topo-climàtica (CREAF)

Imatge 49: Espècie amb idoneïtat topo-climàtica màxima, escenari A2



Font: Barcelona Regional a partir de l'Atles d'idoneïtat topo-climàtica (CREAF)

Per tal d'avaluar la vulnerabilitat futura de cada coberta de bosc present al municipi de Barcelona, s'ha tingut en compte la variació d'idoneïtat que té cada polígon de bosc i la idoneïtat final que tindrà.

S'ha considerat que els polígons de bosc que tinguin una idoneïtat topo-climàtica futura superior al 0,7 tenen una vulnerabilitat baixa, ja que independentment a les variacions que puguin patir, seguiran tenint una bona idoneïtat.

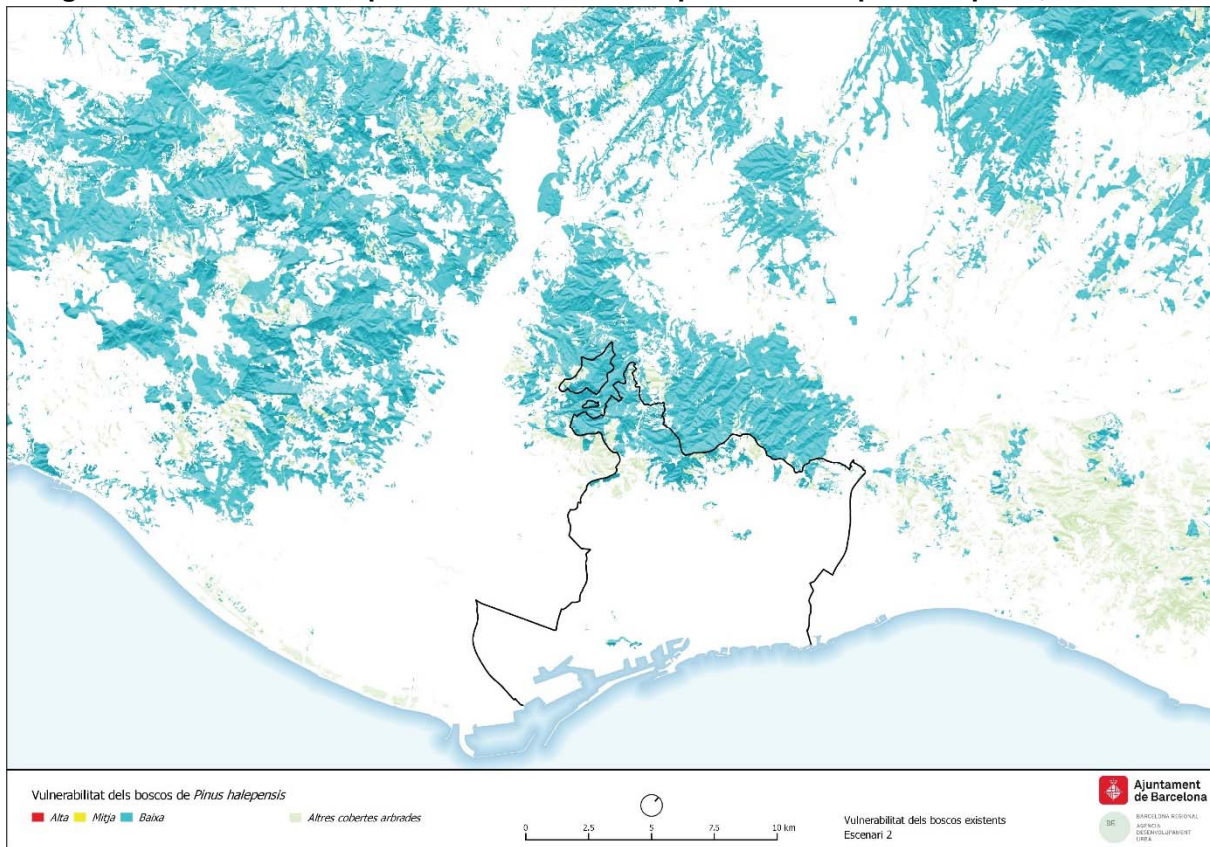
S'ha considerat que els polígons que tinguin una variació negativa de la seva idoneïtat i la seva vulnerabilitat futura es situï entre 0,5 i 0,7 tenen una vulnerabilitat mitja.

Finalment, s'ha considerat que els polígons que tinguin variacions negatives de la seva idoneïtat topo-climàtica i la seva idoneïtat futura se situï en valors inferiors a 0,5 tenen una vulnerabilitat alta als efectes del canvi climàtic.

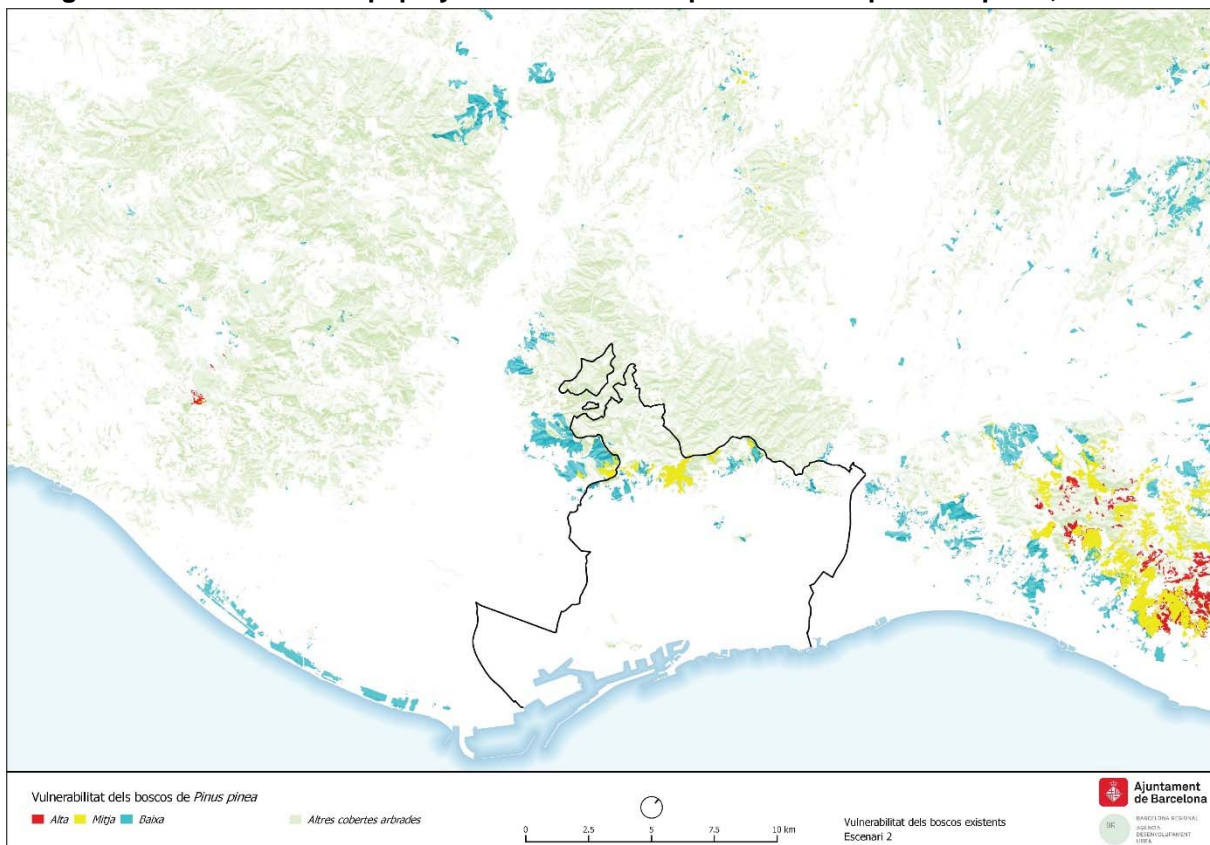
D'aquesta manera, s'observen les següents vulnerabilitats:

- Els boscos de pi blanc tenen una vulnerabilitat baixa en la seva totalitat, ja que la seva idoneïtat topo-climàtica es manté o augmenta. A més a més, la seva idoneïtat topo-climàtica futura és la més elevada de totes les espècies llenyoses comparativament a quasi tots els punts del territori municipal.
- Pel que fa als alzinars, en l'escenari A1FI només tindrien una vulnerabilitat mitjana els alzinars més propers als entorns de la Trinitat i Ciutat meridiana. En l'escenari A2, en canvi, tots els alzinars de Collserola tindrien una vulnerabilitat mitjana. De totes maneres, cal considerar que la inèrcia de les comunitats d'alzinars pot ser suficient per superar la disminució de la seva idoneïtat. En aquest sentit, si no reben fortes pertorbacions, es preveu que aquestes cobertes puguin persistir en el territori i fins i tot evolucionar.
- En el cas dels boscos de pi pinyer existents a Barcelona, la vulnerabilitat de tots ells és baixa en l'escenari A1FI ja que la seva idoneïtat topo-climàtica futura és igual o superior a l'actual. En l'escenari A2, existirien alguns boscos de pi pinyer, especialment els dels vessants barcelonins del Tibidabo que podrien tenir una vulnerabilitat mitjana als efectes del canvi climàtic.
- Pel que fa a les cobertes boscoses amb presència de roures, aquestes espècies (tant el roure martinenc com el roure de fulla petita) tindrien unes vulnerabilitats altes als efectes del canvi climàtic, tant en l'escenari A1FI com en l'escenari A2. Així doncs, petites o grans pertorbacions en aquests boscos podrien generar canvis en la seva composició d'espècies.

**Imatge 50: Vulnerabilitat del pi blanc en boscos amb presència d'aquesta espècie, escenari A2**



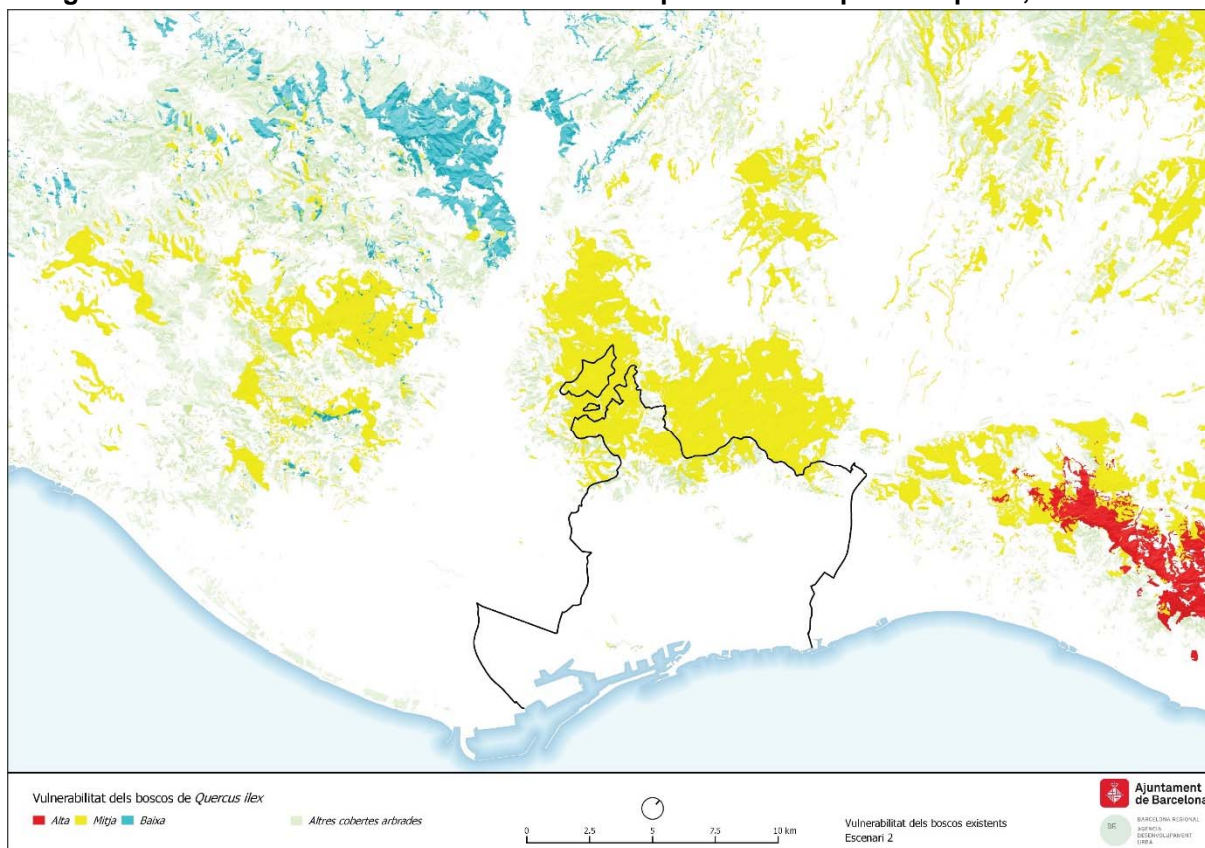
**Imatge 51: Vulnerabilitat del pi pinyer en boscos amb presència d'aquesta espècie, escenari A2**



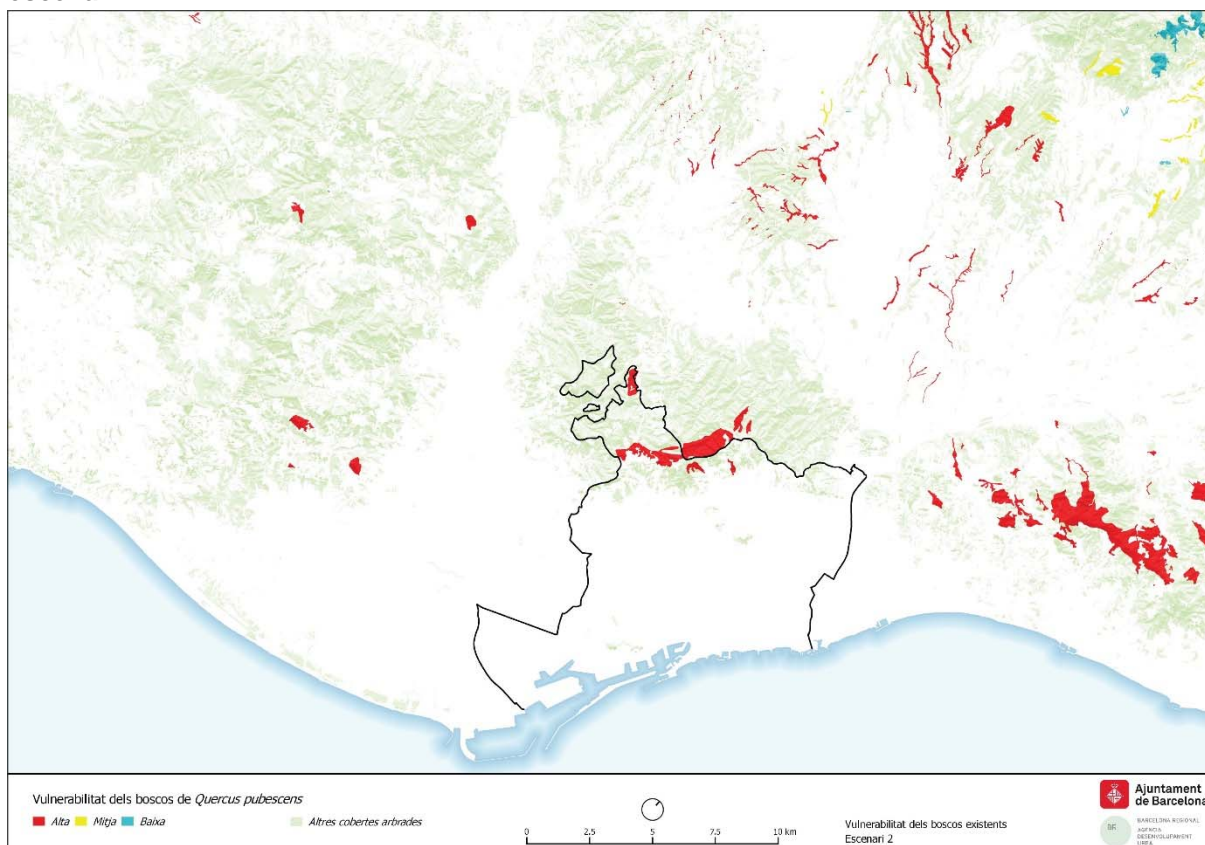
Font: Barcelona Regional a partir de l'Atlas d'idoneïtat topo-climàtica (CREAF)



Imatge 52: Vulnerabilitat de l'alzina en boscos amb presència d'aquesta espècie, escenari A2

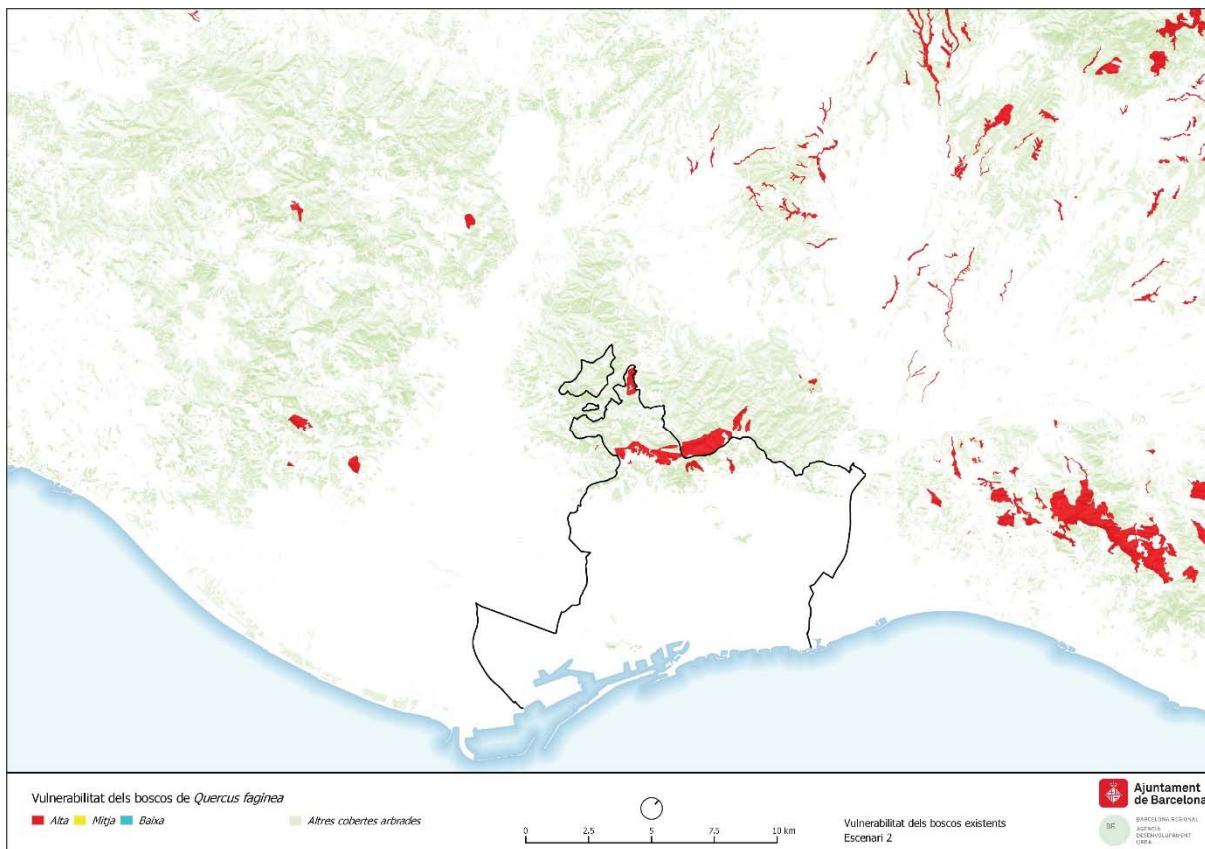


Imatge 53: Vulnerabilitat del roure martinenc en boscos amb presència d'aquesta espècie, escenari A2



Font: Barcelona Regional a partir de l'Atlas d'idoneïtat topo-climàtica (CREAF)

**Imatge 54: Vulnerabilitat del roure de fulla petita en boscos amb presència d'aquesta espècie, escenari A2**



Font: Barcelona Regional a partir de l'Atlas d'idoneïtat topo-climàtica (CREAF)

Finalment, cal considerar que més enllà de les vulnerabilitats de les cobertes de boscos principals de la ciutat, també es consideren hàbitats vulnerables tots aquells hàbitats del municipi associats a ambients humits i frescals (veure apartat 1.1.) com poden ser les bardisses amb roldor, fragments petits d'avellanoses, herbassars amb cua de cavall, jonqueres de jonc boval o omedes presents a l'àmbit de Collserola.

## 2.4.2. Vulnerabilitat de les zones humides de la ciutat

La gran majoria de masses d'aigua presents al municipi de Barcelona són masses artificials, amb aigua aportada des de la xarxa d'abastament. A més, el 83,31 % d'aquestes masses d'aigua es troben en l'àmbit privat.

L'efecte del canvi climàtic sobre aquestes masses d'aigua es preveu lleu ja que, si bé en el context de canvi climàtic es preveu una pressió superior sobre els recursos hídrics, la majoria d'aquestes masses d'aigua tenen un ús lúdic o estètic amb poques funcions de suport pel que fa a la biodiversitat.

Pel que fa a les basses naturalitzades presents en parcs i jardins de la ciutat, aquestes també obtenen l'aigua de la xarxa d'abastament o de xarxes de freàtic. En aquest sentit, es preveu factible un manteniment que garanteixi la estabilitat necessària, en termes d'aigua, per mantenir la biodiversitat actualment existent sense pressionar excessivament els recursos hídrics.

Les masses d'aigua o zones humides presents a Barcelona més vulnerables als efectes del canvi climàtic, són aquelles que depenen més de l'aigua d'escorrentia superficial o del nivell del freàtic: La bassa del sot de la Foixarda, el Pantà de Vallvidrera.

Aquestes masses poden mostrar nivells d'aigua inferiors als actuals en determinades èpoques de l'any en que els períodes de sequera siguin més acusats, podent-se fins i tot dessecar. Aquest fet, podria tenir efectes notables sobre la biodiversitat d'aquests espais que es veuria reduïda de forma significativa.

## 2.4.3. Vulnerabilitat de la fauna més sensible

Un dels impactes del canvi climàtic que es preveu al nostre àmbit biogeogràfic és l'efecte sobre la diversitat faunística en rius temporals i intermitents (per l'accentuació i l'allargament dels períodes secs). L'augment de la freqüència de les crescudes també tindrà un impacte greu sobre la comunitat d'organismes (Prat i Munné, 2009b). Alguns estudis preveuen l'extinció local de moltes espècies de peixos en rius de latituds com la Mediterrània com a conseqüència de la reducció del cabal, atès que la riquesa de peixos depèn de la mida de la conca, però encara més del seu cabal mitjà (Garcia-Berthou, 2009).

El barb cua-roig (*Barbus haasi*), malgrat no tenir poblacions estables dins del municipi de Barcelona, està molt influenciat pels impactes que pugui patir la conca de la Riera de Vallvidrera i la gestió que se'n faci. Part d'aquesta conca, i especialment la seva capçalera pertany al municipi de Barcelona, per tant, cal prendre consciència de la vulnerabilitat que tenen les poblacions existents a la riera de Vallvidrera.

Les poblacions de barb cua-roig de la riera de Vallvidrera estan molt influenciades pels patrons generals d'assecamment del llit fluvial durant els mesos d'estiu. El cicle de la condició somàtica i els períodes de creixement del barb cua-roig estan influenciats per l'estacionalitat del medi, mostrant els valors mínims quan les condicions ambientals són adverses, a l'hivern i durant els mesos secs de l'estiu, mentre que els valors més alts apareixen a la primavera i la tardor, coincidint amb cabals elevats i temperatures òptimes (Aparicio, 2002).

Els efectes del canvi climàtic sobre la conca de la riera de Vallvidrera, poden comportar un agreujament dels períodes de sequera, una augment de l'evapotranspiració potencial i, com a conseqüència una disminució de l'aigua circulant per la riera. Aquest fet pot afectar directament a les poblacions de barb cua-roig de forma negativa.

No obstant això, existeixen elements com el pantà de Vallvidrera i la depuradora de les Planes, que poden comportar una oportunitat com a element de resiliència i adaptació per regular els cabals de la riera i permetre una conservació més bona de les poblacions de barb cua-roig si s'estableixen les mesures adients.

Un altre dels grups més amenaçat pel canvi climàtic són els amfibis per ser ectotèrmes, tenir una fase larvària aquàtica, mobilitat limitada i una biologia sensible als canvis multicausa, com s'ha vist a l'apartat 2.2.

Al municipi de Barcelona els amfibis es troben localitzats a Collserola, al pantà de Vallvidrera, basses vinculades a edificacions i també vinculats a entollaments temporals.

Les espècies més vulnerables al canvi climàtic a l'àmbit de Barcelona podrien ser aquelles més vinculades als entollaments temporals que podrien disminuir, o les vinculades a hàbitats humits o frescals com la salamandra (*Salamandra salamandra*).

Les poblacions dels parcs urbans podrien esdevenir un element de resiliència davant del canvi climàtic al tenir unes millors condicions per superar períodes de sequera prolongats.

Pel que fa al grup dels ocells, si bé s'observen alguns canvis fenològics com l'avançament de la migració a la primavera i el retard a la tardor en algunes espècies, els canvis recents en la distribució de les espècies no semblen estar molt relacionats amb el canvi climàtic, i tenen una relació molt més forta amb el canvi d'usos del sòl, les accions de conservació i el règim de perturbacions. Un exemple és el parc de Collserola, on recentment s'hi ha instal·lat espècies de caràcter fins i tot euro-siberià com el picot garser petit.

En aquest sentit, cal tenir en compte que el canvi climàtic pot estar generant un deute d'extinció en determinades comunitats que es pot acabar desencadenant quan hi hagi perturbacions fortes. Per aquest motiu, caldria reforçar la connectivitat ecològica per facilitar els moviments en aquests casos i minimitzar així els efectes del canvi climàtic.

Pel que fa als invertebrats s'evidencia la regressió de classes com els insectes. L'anàlisi de les dades del CBMS (Catalan Butterfly Monitoring Scheme) mostren com el 70% de les espècies analitzades de ropalòcers estan en regressió a Catalunya. Els efectes més significatius es produeixen sobre espècies especialistes, però també n'hi ha moltes de generalistes que estan en declivi, com s'ha vist a l'apartat 2.2.

Els efectes que pot tenir el canvi climàtic sobre aquests grups, pot generar l'entrada de noves espècies més meridionals. A Catalunya, per exemple, disposem de casos recents d'expansions sobtades d'espècies típicament africanes, que fins fa poc mai no havien estat detectades tan al nord. L'exemple més paradigmàtic possiblement és el de la papallona tigre (*Danaus chrysippus*) que ha establert poblacions reproductores temporals a les principals zones d'aiguamolls de Catalunya, com s'ha vist a l'apartat 2.2.

La implementació de tècniques de gestió naturalitzada de jardineria i la disminució de productes fitosanitaris i herbicides pot ajudar a minimitzar aquests impactes dins la ciutat.

Quant a l'afectació del senglar (*Sus scrofa*) pel canvi climàtic hi ha dos estudis del centre i nord d'Europa. El primer (Vetter, S.G., 2015) que apunta que tant l'àrea de distribució com la densitat de l'espècie aniran en augment gràcies al canvi climàtic. Ho sustenten en una afectació directa i indirecta sobre la població d'aquest ungulat. Directa perquè si els hiverns rigorosos (temperatures fredes i dies d'innivació i fondària de la neu elevats) tenen un efecte negatiu sobre la taxa de supervivència -sobretot de les cries- i en la fertilitat de les parelles, els hiverns suaus –cada cop més freqüents- tenen l'efecte contrari (elevada taxa de supervivència i increment de la fertilitat). Tanmateix, aquesta afectació directa segurament és rellevant a la Catalunya amb hiverns amb glaçades matinals sovintejades –més enllà de la Serralada Litoral- i/o temperatures mitjanes diàries molt baixes –bàsicament al Pirineu, Pre-Pirineu, altiplans centrals i parts de la Depressió de l'Ebre- però podria ser un factor poc rellevant a la riba mediterrània, a Barcelona, allà on les gelades hi són escadusseres i les temperatures mitjanes no són baixes. Tot amb tot, es pot convenir que l'efecte positiu dels hiverns suaus podria ser significativament més notable al Pirineu que no pas al vessant assolat d'una serralada litoral.

L'afectació indirecta, en canvi, es produeix a través de la disponibilitat del menjar (fruits de bosc). S'ha comprovat que els pics periòdics de producció de fruits de bosc –fages, sobretot- s'escurcen, que la seva freqüència s'incrementa i que, per tant, els senglars tenen aquests fruits més sovint a l'abast i en el moment de màxima producció. Aquest efecte es comprova als països de l'Europa central i nòrdica, de domini de la vegetació euro-siberiana. A Catalunya, però, aquest domini de vegetació és minoritari en comparació al mediterrani, dominant. Per tant, restaria per veure si la possible afectació positiva sobre la disponibilitat tròfica que es produiria en boscos medioeuropeus catalans (fagedes, rouredes humides, pinedes de pi roig, etc.) tindria la seva translació en boscos i bosquines mediterrànies (pinedes de pi pinyer o de pi blanc, alzinars mediterranis, etc.).

El segon estudi (Borowik, T., 2013) compara l'afectació de diversos factors sobre les poblacions del senglar i dues altres espècies ungulades -el cabirol (*Capreolus capreolus*) i el cérvol (*Cervus elaphus*)- també en un país del nord-est europeu . A Catalunya hi ha les tres espècies però a Barcelona només hi ha el senglar i, més enllà del Besòs, (Coscuïada, La Conreria, Sant Mateu, etc.) és acompanyat pel cabirol però hi manca el cérvol. Sigui com sigui a Barcelona ciutat només hi ha el senglar. Aquest estudi demostra que, a Polònia, el senglar té una correlació positiva amb la superfície de bosc, amb la temperatura mitjana al gener, amb la superfície de terra conreada i amb les masses d'aigua superficial. Si es poguessin extrapolar les conclusions a Catalunya es produiria un efecte dual sobre l'espècie, positiu i negatiu. Tant pel canvi global com pel canvi climàtic a Catalunya el bosc i les temperatures mitjanes al gener augmenten fet que afavoriria la població de senglar. D'altra banda i en un sentit contrari, la superfície conreada i el volum d'aigua superficial disminueixen, motiu pel qual això afectaria negativament la població de senglar. El balanç dels 4 factors de sentit oposat resta per quantificar i podria ser que diferís a escala comarcal (Ripollès vs Barcelonès) o regional (Catalunya mediterrània vs eurosiberiana).

## 2.4.4. Serveis ecosistèmics

Per una banda, es preveu que els serveis de suport, aquells vinculats a la funcionalitat dels ecosistemes i a la seva biodiversitat puguin tenir afectacions importants en els pròxims anys, producte dels desacobraments fenològics d'espècies relacionades ecològicament que poden generar processos ecològics tan importants com la pol·linització o la dispersió de llavors.

Pel que fa als processos de pol·linització, com s'ha dit anteriorment, la implementació de tècniques de gestió ecològica i diferenciada de jardineria i la disminució de productes fitosanitaris i herbicides pot ajudar a minimitzar aquests impactes dins la ciutat.

La connectivitat ecològica dels espais agro-forestals i d'algunes àrees verdes també pot ser una estratègia interessant per minimitzar aquests impactes.

Un altre aspecte determinant pel que fa als serveis ecosistèmics pot ser la disminució de la disponibilitat d'aigua per part dels ecosistemes. La vinculació entre serveis ecosistèmics i aigua és molt rellevant, com demostren estudis com el Foresmap. En aquest sentit, una disminució dels recursos hídrics en el medi podria fer disminuir els serveis que presten àrees forestals com les de Collserola, especialment els de regulació (segrest de carboni, regulació de la qualitat de l'aire, regulació hídrica, protecció enfront a l'erosió, etc.).

### Imatge 55: Correlació entre els Serveis Ecosistèmics i variables socioeconòmiques i climàtiques

Matrius de correlacions entre els grups de SE expressats en termes **quantitatius** (esquerra) i amb les variables socioeconòmiques i climàtiques (dreta)

	P	R	C	B
P	1			
R	0.76	1		
C	0.31	0.38	1	
B	0.66	0.59	0.3	1

	P	R	C	B
Densitat població	-0.18	-0.23	0.13	-0.24
Atur	-0.1	-0.07	0.06	-0.05
Agricultura	-0.06	0.01	-0.25	0
Indústria	0.15	0.09	-0.03	0.03
Construcció	0.09	0.14	0.03	0.04
Serveis	0.13	0.13	0.34	0.08
Temperatura	-0.3	-0.4	-0.11	-0.45
Precipitació	0.65	0.66	0.42	0.62

Font: Foresmap

En aquest sentit, la gestió de l'aigua dins els parcs urbans pot ser un aspecte determinant per superar algunes afectacions del canvi climàtic. Les zones més vulnerables en aquest sentit, seran els espais cèntrics de la ciutat i de l'Eixample on manquen actualment serveis de regulació tèrmica i de regulació de la qualitat de l'aire del verd urbà.

## 2.5. BARCELONA: BIODIVERSITAT I CANVI CLIMÀTIC

En aquest capítol s'expliquen els dos plans estratègics que Barcelona ha desenvolupat en relació al verd i a la biodiversitat de Barcelona, que són el "Pla del Verd i la Biodiversitat de Barcelona 2012-2020" i el "Pla Director de l'Arbrat 2015-2035", com també la inserció dels aspectes relacionats amb el canvi climàtic en aquests plans.

- Pla del Verd i la Biodiversitat 2012-2020

El Pla del Verd i la Biodiversitat de Barcelona 2012-2020 és el document estratègic que defineix els reptes, objectius i compromisos de l'Ajuntament en relació a la conservació del verd i la biodiversitat de la ciutat. Defineix la planificació a llarg termini per aconseguir una infraestructura verda que compleixi les funcions ecològiques, ambientals i socials que li són pròpies.

El pla inclou totes les tipologies d'elements que formen part de la infraestructura verda (espais naturals, parcs, jardins, cobertes verdes, jardins verticals) i valora els seus atributs.

Identifica les aportacions del verd i la biodiversitat, incloent el confort climàtic a través de les funcions de moderar les temperatures, regular el cicle de l'aigua i aportar humitat. El paper de la regulació del confort climàtic no és sempre el mateix, és diferent en funció de si és bosc, jardí o carrer arbrat.

El pla planteja per al 2050 una ciutat on natura i urbs interactuïn i es potenciïn mitjançant la connectivitat del verd i la renaturalització de la ciutat. En aquest sentit, identifica una xarxa de corredors verds que fan robusta i funcional la infraestructura ecològica i planteja com a instrument de renaturalització de la ciutat els espais d'oportunitat (cobertes d'edificis, terrats, balcons, murs i espais residuals) que són susceptibles de transformar-se en noves formes de verd urbà.

Es plantegen com a objectius conservar i millorar el patrimoni natural, assolir la màxima dotació de verd i la seva connectivitat, obtenir els màxims serveis ambientals i socials del verd i la biodiversitat, avançar en el valor que la societat li assigna i fer la ciutat més resilient davant dels reptes emergents com el canvi climàtic.

Per tant, un dels cinc objectius principals del Pla es refereix específicament a preparar la ciutat per al canvi climàtic.

Una de les línies estratègiques relacionades és la de gestió amb criteris d'eficiència i sostenibilitat en favor de la biodiversitat. La disponibilitat d'aigua és un dels elements més afectats pel canvi climàtic i, alhora, un dels elements essencials per al bon desenvolupament de la vegetació. Per això, es preveu en el pla l'optimització del reg de les zones verdes i la substitució de gespes d'alt consum per plantes cespitoses de clima càlid i entapissants.

També en la línia estratègica d'augmentar el coneixement per a la gestió i la conservació del verd i la biodiversitat es planteja fomentar la recerca dels efectes del canvi climàtic sobre el patrimoni natural, establir la demanda d'aigua necessària per assegurar la qualitat de la vegetació, cercar i assajar noves espècies vegetals en col·laboració amb institucions i centres de recerca i aprofundir en el coneixement de l'impacte de la ciutat en la biodiversitat global.

Més enllà del detall d'accions previstes relacionades amb el canvi climàtic, cal dir que el conjunt del pla es planteja per potenciar el verd i la seva funcionalitat a la ciutat i això, en si mateix, ja propicia una preparació més gran de la ciutat davant del canvi climàtic.

- Pla Director de l'Arbrat 2015-2035

Emmarcat en el Pla del Verd i la Biodiversitat cal també destacar el Pla Director de l'Arbrat de Barcelona 2015-2035, on es concep l'arbrat com una xarxa funcional que presta uns serveis ambientals i socials i ajuda a connectar els espais verds de la ciutat i afavoreix la biodiversitat animal.

El pla es va plantejar per tenir un visió global de l'arbre a la ciutat, incloent no només aspectes de gestió sinó també disseny, comunicació i coneixement. També per posar en relleu que l'arbre és una part essencial de la ciutat. És un pla enfocat en l'arbrat i en la ciutadania, ja que l'arbrat és un recurs natural que ajuda a una vida saludable a la ciutat, a connectar les persones amb la natura i a conservar la biodiversitat.

En el Pla s'inclou tot l'arbrat de la ciutat, considerant no només l'espai públic i els parcs sinó també espais privats, espais d'escoles i d'altres administracions. Un 22% dels arbres són gestionats per l'Ajuntament.

El patrimoni arbori de 1,4 milions d'arbres cobreix una quarta part de la superfície de la ciutat. Destaquen els 200.000 arbres alineats als carrers, que representa aproximadament un arbre per cada 10 m de carrer, a més dels arbres de parcs i àrees forestals<sup>1</sup>.

La visió del pla és que la ciutat disposi d'un arbrat biodivers, madur, més autòcton, sa, identitari i sostenible que compti amb les millors condicions per al seu desenvolupament. Un arbrat adaptat a l'ecosistema urbà i al clima i que sigui resilient davant del canvi global i que aporti funcions i serveis ambientals i socials, contribuint a la millora de la qualitat paisatgística i al benestar de les persones.

Un dels reptes que es planteja el pla és garantir que en la trama urbana un 40% de les espècies estiguin adaptades al canvi global, que aguantin bé la sequera i la calor, reduint espècies com el plàtan o l'om que no estan adaptades i pateixen. En aquest sentit, s'està tendint a diversificar espècies. Les majoritàries ara són el plataner, el lledoner, la tipuana i la sòfora japònica. Es planteja que cap espècie arbòria representi més del 15% del total de la trama urbana.

Un altre repte del pla, rellevant considerant l'efecte de la vegetació en la regulació tèrmica de la ciutat, és augmentar la cobertura arbrada de la ciutat per passar del 5% actual fins al 30%. També s'adaptarà l'arbrat als carrers perquè es desenvolupin millor i es faran escocells més grans o amb vegetació.

---

<sup>1</sup> Urban adaptation to climate change in Europe 2016. Transforming cities in a changing climate. European Environment Agency. EEA Report No 12/2016  
<http://www.bcn.cat/mambient/newsletters/intranet/Urban%20adaptation%20report.pdf>



Els altres dos reptes del pla estan més vinculats a la divulgació, treballar amb les escoles perquè els nens i nenes identifiquin i apreciïn els arbres del seu entorn, i també posar a disposició de la ciutadania tota la informació sobre característiques i serveis dels arbres.

El Pla s'estructura en 10 línies estratègiques i 50 accions.

Una de les línies estratègiques rellevants des del punt de vista del canvi climàtic és la d'avançar en el coneixement de l'arbre i dels seus valors i serveis, ja que aquest millor coneixement permetrà preparar l'arbrat per als possibles futurs canvis en les condicions climàtiques. Concretament es planteja estudiar els efectes del canvi global sobre el microclima urbà i el seu impacte en l'arbrat, estudiar com afrontar l'escassetat de recurs naturals en la gestió de l'arbrat, cercar i aplicar nous mètodes per al control i seguiment de l'estat fisiològic dels arbres i seleccionar les espècies arbòries amb visió de futur.

Un altra línia estratègica relacionada és la de tenir cura de la salut dels arbres vetllant per la biodiversitat i per la ciutadania, ja que un seguiment de la salut dels arbres permetrà afrontar no només els problemes actuals sinó també la possible aparició de noves plagues en el futur.

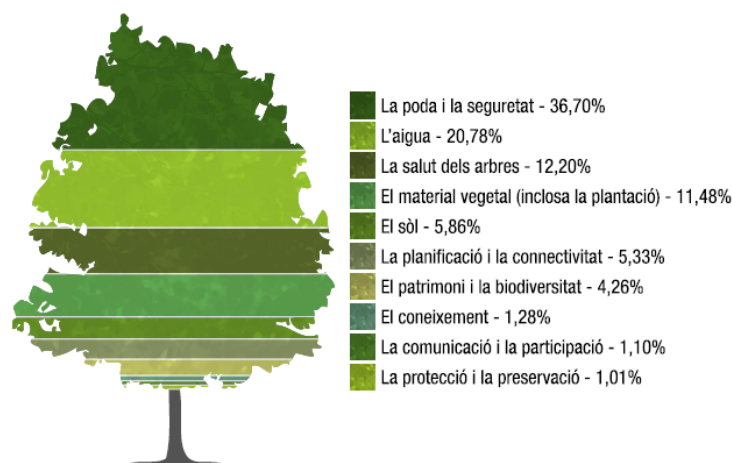
També treballar per a un bon subministrament i una bona plantació de l'arbrat, i proporcionar als arbres més volum de sòl i de més qualitat, desenvolupant estratègies que facin més permeable el sòl urbà, perquè els arbres siguin capaços de resistir i adaptar-se als condicionants d'un espai i realitzar les seves funcions.

Planificar l'arbrat com una infraestructura verda més potent, connectada i que doni més serveis contribuirà a una major resiliència de la ciutat en front al canvi climàtic.

L'última de les línies d'acció, sobre la gestió sostenible de l'aigua de reg és també una línia clau pel fonamental rol de l'aigua en la vegetació i la seva afectació pel canvi climàtic.

Encara que la resta de línies d'acció no estiguin directament vinculades al canvi climàtic, cal dir que, tal com ocorre en el pla del verd i la biodiversitat de Barcelona, el Pla de l'arbrat busca millorar les condicions de l'arbrat i això en si ja porta implícit un millor desenvolupament de la vegetació i una millor adaptabilitat envers el canvi climàtic.

El Pla té un pressupost estimat d'execució de 9,6 milions d'euros anuals, que es distribueixen en les diferents línies estratègiques d'acció segons el gràfic següent:

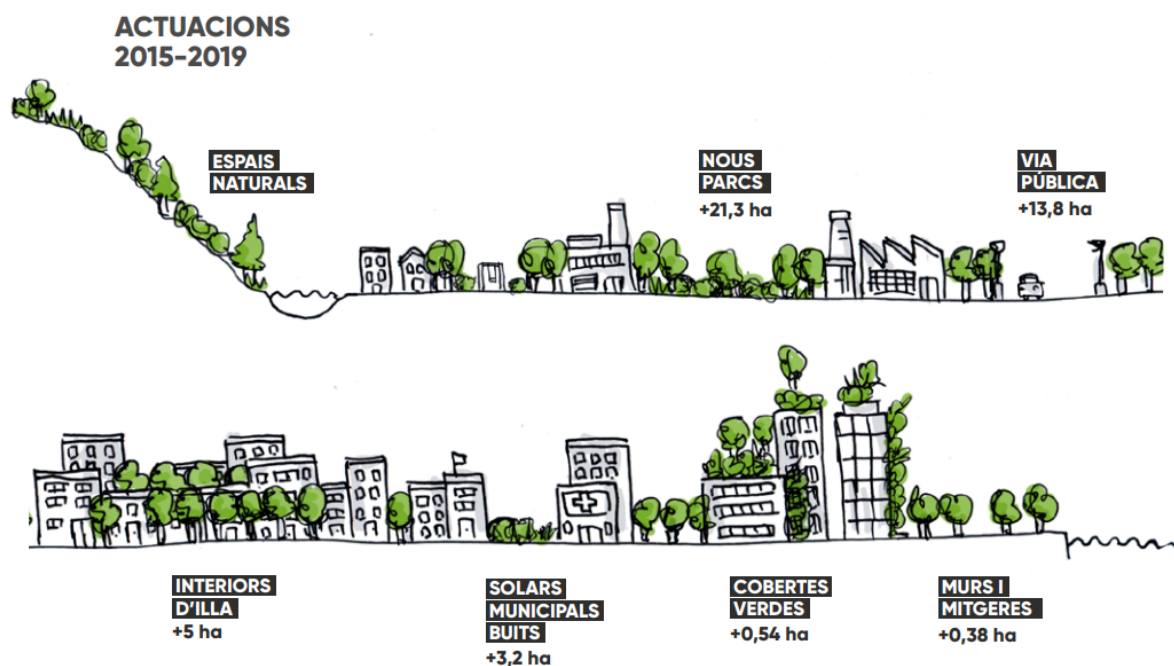


- Programa d'impuls a la infraestructura verda urbana 2017-2030

Barcelona té la voluntat ferma d'incrementar la seva infraestructura verda com a garantia de millora de la qualitat de vida de la ciutadania. Aquesta mesura de govern és la concreció del Pla del verd i de la biodiversitat en què l'Ajuntament estableix l'objectiu d'assolir una infraestructura verda que ofereixi els màxims serveis ecosistèmics en una ciutat on natura i urbs interactuïn i es potenciïn.

Aquest programa té 4 objectius principals: l'increment de la infraestructura verda al servei de la salut de la ciutadania, la millora de la infraestructura verda per obtenir més serveis, incrementar la coresponsabilitat en la cura de la natura urbana i finalment fer un seguiment i avaluació de la infraestructura verda.

Barcelona, amb aquesta programa, vol augmentar el seu verd en 1m<sup>2</sup>/habitant en l'horitzó del 2030. Aquesta xifra equival a 160 hectàrees de nous espais verds. L'increment de verd en el període 2015-2019 està previst que sigui de 44 ha, on la gran majoria es correspon a la creació de nous parcs (+21,3 ha).

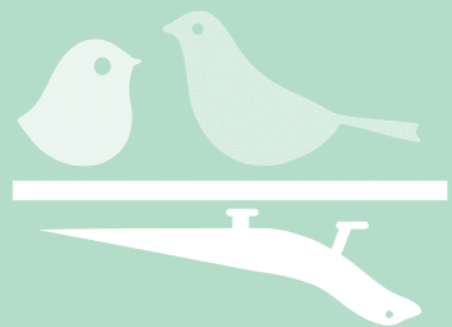


Font: Ajuntament de Barcelona

Establerts aquests objectius, el pla s'estructura en 4 línies estratègiques, de les quals deriven 25 accions:

- Línia 1. Increment de la infraestructura verda: 6 accions
- Línia 2. Millora de la infraestructura verda existent: 8 accions
- Línia 3. Implicació de la ciutadania en l'increment i la millora de la infraestructura verda: 6 accions
- Línia 4. Estudi, planificació i seguiment de la infraestructura verda: 5 mesures

### 3. CONCLUSIONS





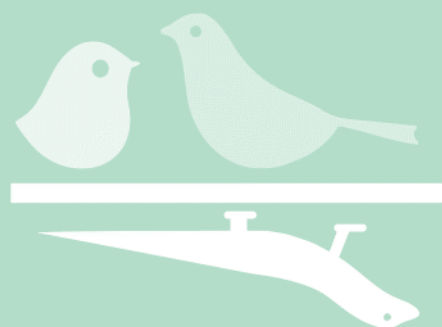
### 3.1. CONCLUSIONS SOBRE LA VULNERABILITAT DE LA BIODIVERSITAT DE BARCELONA ALS EFECTES DEL CANVI CLIMÀTIC

Un cop analitzats els principals valors de la biodiversitat del municipi de Barcelona i els espais, hàbitats i espècies més sensibles, podem sintetitzar els principals efectes i vulnerabilitats de la biodiversitat de Barcelona al canvi climàtic en aquests punts:

- Els efectes sobre les cobertes vegetals forestals del canvi climàtic són encara emmascarats pel canvi global, per les dinàmiques de canvi d'ús del sòl que són més determinants fins el moment.
- Possibles afectacions (reducció dels hàbitats lligats a ambients frescals, modificacions de la composició florística, etc.) sobre la biodiversitat de la conca de la riera de Vallvidrera i sobre d'altres hàbitats vinculats a l'aigua i als ambients frescals: comunitats de ribera i fauna associada.
- Increment de l'activitat biològica i de la durada del període vegetatiu en comunitats naturals (pinedes, alzinars, brolles, màquies, etc.) que pot generar una pressió d'intensitat superior sobre els recursos hídrics i tenir una repercussió directa sobre els serveis ecosistèmics que actualment ofereixen. En àmbits urbans hi ha recursos hídrics no utilitzats i sobrers que permetrien compensar i apaivagar l'estrès hídric futur.
- Desacoblements fenològics entre espècies que estan relacionades ecològicament (plantes amb flor i pol·linitzadors, ocells en migració i plantes amb fruits, etc.) que poden afectar processos com la migració, la pol·linització o la dispersió de llavors.
- Augment de la taxa de multiplicació de mosquits que podria comportar un increment paral·lel en la transmissió de malalties vectorials com el "dengue", el "zika", el "chikungunya" o el "virus del Nil occidental".
- Pèrdua d'estacionalitat en algunes espècies plaga -mosquits, paneroles, cotorreta de pit gris, ratolins, etc.- que comportaria un augment de les seves poblacions i podria tenir un efecte sobre la convivència ciutadana i sobre el risc de transmissió de malalties.



## 4. RECOMANACIONS







Moltes de les vulnerabilitats i efectes del canvi climàtic sobre la biodiversitat de Barcelona plantegen reptes d'estudi, gestió, planificació restauració directes per adaptar els ecosistemes als impactes d'aquest fenomen.

Les recomanacions s'apleguen al voltant de les principals conclusions d'aquest capítol de l'estudi dels efectes del canvi climàtic a Barcelona. Aquestes són:

#### **Efectes sobre la coberta vegetal i la composició d'hàbitats:**

- Realitzar un seguiment de l'evolució ecològica (estructura i composició florística) de les parcel·les de les principals comunitats naturals (prats d'albellatge, brolles, garrigues, màquies, alzinars, alzinars amb roures i pinedes de pi blanc i pi pinyer) dels dos vessants de la serra de Collserola.
- Avaluar la resposta a les pertorbacions (incendis controlats, tallades arreu i aclarides selectives) de les principals comunitats naturals (prats d'albellatge, brolles, garrigues, màquies, alzinars i pinedes de pi blanc i pi pinyer) a través de parcel·les de seguiment en els vessants nord i sud de la serra de Collserola. En funció dels resultats obtinguts es podrien fer actuacions controlades (reducció de densitats, substitució progressiva de comunitats vegetals, etc.) per incrementar la resiliència i adaptació de les comunitats naturals als canvis ambientals futurs.
- Endegar periòdicament un seguiment -fotografia aèria i de sensors d'activitat vital a través de satèl·lits- i interpretació de l'evolució –canvis en extensió, en espècies dominants i en vitalitat- de les comunitats naturals de la serra de Collserola.
- Aprofundir en el coneixement de l'evolució de la idoneïtat dels alzinars i de les pinedes de pi blanc en funció de les variacions climàtiques i microclimàtiques.
- Incrementar els esforços per millorar el coneixement dels efectes del canvi climàtic sobre els sistemes naturals del municipi amb un seguiment dels aspectes que aquest document detecta com a vulnerables. A tall d'exemple:
  - Realitzar un seguiment d'aquells boscos que s'ha detectat que tindran una vulnerabilitat més alta (boscos de ribera, alzinars amb roures, etc.) al canvi climàtic. Establir la metodologia per a la realització del seguiment ecològic a llarg termini dels boscos de Collserola, seguint els projectes ja iniciats com la "Infobase LTER".
  - Valorar la idoneïtat de reduir la densitat d'arbres en aquells boscos més vulnerables (boscos de ribera, alzinars amb roures, etc.) als períodes de sequera o la tria d'espècies que puguin ser més idònies. Algunes experiències demostren que la reducció de densitats afavoreix la capacitat de sobreviure a sequeres però, en canvi, no redueix la demanda hídrica per unitat de superfície.
- Minimitzar la sobrefreqüentació dels espais forestals més sensibles al canvi per tal de mantenir la seva diversitat florística i reduir la pèrdua de sòl i el risc d'erosió.

### **Afectacions sobre els hàbitats vinculats a l'aigua i als ambients frescals i a la seva biodiversitat:**

- Realitzar un seguiment de l'evolució ecològica (estructura i composició florística) de parcel·les de les principals comunitats naturals (omeda, gatelleda, albereda, pollancreda, etc.) cenyides als torrents i rieres del vessant nord de la serra de Collserola.
- Mesurar periòdicament el nivell freàtic de les principals rieres i torrents de la serra de Collserola.
- Monitoritzar el cabal de la riera de Vallvidrera, l'única amb aigua superficial tots els mesos de l'any.
- Garantir el cabal de les rieres amb aigua permanent com la riera de Vallvidrera amb l'aportació hídrica de l'EDAR de Vallvidrera. Aquesta aportació ja existeix actualment però seria interessant vetllar perquè la qualitat de l'efluent pogués mantenir o, fins i tot, millorar les comunitats biològiques associades a aquest ecosistema singular.
- Evitar l'extracció d'aigua –sobretot per al reg- de la riera de Vallvidrera durant els mesos d'estiu, moment en què s'havien vist fins i tot bombes d'aigua situades directament sobre les poques basses que es mantenen amb aigua. Tot i que el nombre de captacions no sigui molt alt, el cabal que se n'extreu és proporcionalment elevat, atenent la poca aigua que queda a la riera durant l'època estival.
- Estudiar l'evolució de la densitat i estructura de poblacions de barb cua-roig (*Barbus haasi*) i d'anguila (*Anguilla anguilla*), les dues espècies autòctones que es troben a la riera de Vallvidrera. Tanmateix, l'anguila té altres impactes (barreres físiques al seu moviment a través del riu Llobregat, contaminació del riu Llobregat, etc.) que podrien ser de magnitud superior als derivats del canvi climàtic.
- Afavorir els factors físics de l'hàbitat que beneficien el barb cua-roig (*Barbus haasi*) –més importants que els químics o biològics- com són el règim de cabals, l'estructura del llit fluvial (amplada, fondària, etc.), els refugis (arrels d'arbres de ribera, roques, etc.), la composició del substrat (llims, sorres, graves, etc.) i les condicions de les riberes i de la conca.
- Executar el seguiment de la poblacions de les espècies de ratpenats lligades a ambients aquàtics. El ratpenat d'aigua (*Myotis daubentonii*) és una d'aquestes espècies -no s'ha trobat encara a Collserola però sí al Montnegre i al Montseny- sobretot al nord-est de la Península Ibèrica i ja és emprada com a indicador ecològic en programes del Regne Unit ("Waterway Survey") o de Catalunya ("QuiroRius"). Tot i així hi ha certa controvèrsia en la utilització d'aquesta espècie com a indicadora perquè hi ha altres autors (de Polònia, Suïssa, Alemanya, etc.) que la consideren generalista i que, fins i tot, pot incrementar la població quan la contaminació s'aguditza en rius canalitzats
- Estudiar la possibilitat d'introduir el gripau d'esperons (*Pelobates cultripes*) en algun punt d'aigua del solell de Collserola apte per a la seva reproducció.

- Augmentar la presència d'espais adequats (increment del nombre de basses temporals i permanents, adaptació de les basses permanents a zones de fressa dels amfibis, potenciació dels espais herbacis com a punts d'alimentació, etc.) per a establir metapoblacions de granoteta de punts (*Pelodytes punctatus*), gripau corredor (*Epidalea calamita*) i gripau comú (*Bufo bufo*) i, d'aquesta manera, facilitar la connectivitat ecològica de les metapoblacions ja existents. També es garantiria una resiliència als períodes de sequera prolongats que pugui comportar el canvi climàtic.

#### **Increment de l'activitat biològica i de la durada del període vegetatiu:**

- Aprofundir en l'estudi i caracterització dels serveis ecosistèmics i en els possibles efectes del canvi climàtic sobre aquests i les possibles mesures d'adaptació.
- Eliminar el buidat de les basses de Barcelona del decret de sequera.
- Potenciar el reg del verd urbà amb els recursos hídrics alternatius i sobrers (xarxa freàtica municipal, aigua regenerada de l'EDAR del Llobregat i pluvials).

#### **Increment de la temperatura a la ciutat:**

- Enfortir l'estructura vegetal de la ciutat (arbrat viari i parcs urbans) incrementant el reg – els recursos freàtics renovables actuals són superiors a la demanda actual- per fer aquesta estructura més complexa i més ben connectada entre ella.
- Substituir les espècies actuals de l'arbrat viari que es prevegin menys capaces de resistir les futures condicions ambientals.
- Adaptar la vegetació dels parcs urbans i de zones enjardinades a les futures condicions ambientals.
- Cercar noves espècies per ampliar la diversitat vegetal i fer uns espais verds més naturals i menys vulnerables als efectes del canvi climàtic: catalogar les espècies de més interès susceptibles de ser plantades a Barcelona bo i inclouent-hi les formes vitals principals – arbres, arbusts, vivaces, entapissants, enfiladisses i cespitoses– presumptament poc o menys vulnerables al canvi climàtic. En cas de disposar de diverses alternatives donar la prioritat a les espècies autòctones i valorar la viabilitat de la introducció progressiva.
- Diversificar les espècies d'arbrat viari perquè cap espècie superi el 15%.
- Estudiar i localitzar les zones de la ciutat d'ús social intens i que tinguin un dèficit d'ombra tant per absència d'arbres com per l'existència d'espècies arbòries o palmeres que generin molt poca ombra. En aquestes zones s'haurien de plantar de nou espècies arbòries d'ombra o bé substituir les espècies actuals per altres que forneixin d'ombra.
- Seleccionar espècies amb baixos consums hídrics i amb capacitat per superar períodes d'estrès hídric en parcs periurbans. És recomanable que sempre que es pugui siguin espècies autòctones i que, si no ho són, tinguin un potencial invasor molt baix o nul.

### **Desacobraments fenològics entre espècies relacionades ecològicament:**

- Augmentar la superfície d'espais naturals protegits i millorar la seva connexió ecològica a través de corredors que permetin la migració natural de les espècies, tant a escala local com metropolitana.
- Consolidar la infraestructura verda reforçant els corredors biològics existents i creant-ne de nous que relliguin el litoral amb Collserola.
- Valorar l'estat actual i les tendències futures dels pol·linitzadors com a pedra angular dels processos i serveis ecològics dels ecosistemes.
- Estudiar la sincronia entre les floracions de les principals espècies vegetals dels ecosistemes de Barcelona i la fenologia dels seus principals pol·linitzadors.
- Mantenir o crear més hàbitats de suport als pol·linitzadors dins la ciutat i, alhora, disminuir l'exposició de pol·linitzadors als pesticides. Aquesta reducció a l'exposició de pesticides s'hauria de fer tant través la reducció del seu ús com de la recerca de formes alternatives de control de plagues.

### **Increment de les poblacions de les espècies plaga: augment del risc de transmissió de malalties i dels problemes de convivència entre les persones i aquestes espècies.**

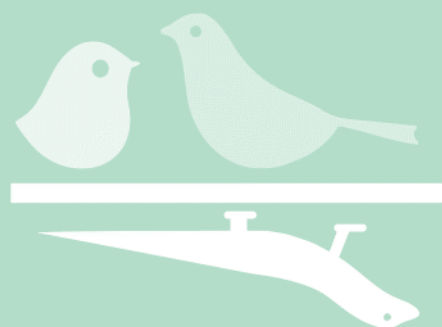
- Realitzar censos –relatius o absoluts- periòdics de seguiment de les principals espècies plaga (paneroles, mosquits, rates, coloms, senglars, etc.) que es puguin veure afavorides pel canvi de condicions ambientals.
- Establir una base de dades de les velles i noves malalties que es prevegi que incrementin arran del canvi de condicions ambientals. Aquesta eina és cabdal per realitzar un seguiment de l'epidemiologia lligada a cadascuna d'elles.
- Afavorir un sòl viu i fèrtil, amb especial èmfasi en els escocells de l'arbrat viari que haurien de ser més airejats, més flonjos i amb més diversitat d'espècies herbàcies.
- Enfortir les poblacions de fauna auxiliar (ocells insectívors, sargantanes, etc.) a través d'actuacions estructurals (murs de pedra seca, caixes-niu, boscos més madurs, etc.) i de procediment (limitació de l'ús de biocides, realitzar les podes fora d'època de cria, etc.).
- Evitar els impactes sobre la fauna auxiliar (ocells insectívors, sargantanes, etc.) en el control de plagues com, per exemple, el que ocasionen els gats urbans, les colònies dels quals s'haurien de controlar.
- Aplegar informació sobre les plantes més aconsellables per al refugi i l'aliment de la fauna auxiliar.
- Intensificar la investigació en tècniques de lluita integrada per a la reducció de plagues i invasions biològiques per minimitzar l'ús dels productes fitosanitaris.

### **Altres actuacions: conscienciació ciutadana i ordenances municipals**

- Difondre entre la ciutadania els trets essencials de la repercussió del canvi climàtic en la biodiversitat local. Aquesta sensibilització també ajuda a incrementar el grau d'acceptació social de les mesures proposades.
- Conscienciar la població de les opcions de mitigació del canvi climàtic i dels seus efectes a través d'accions lligades a la biodiversitat (fauna auxiliar, arbrat viari, etc.).
- Creació d'un sistema d'indicadors ambientals de comprensió fàcil per fer el seguiment dels canvis ocasionats pel canvi climàtic en la biodiversitat local. S'hi hauria d'incloure, lògicament, les comunitats naturals (bosc de ribera, alzinars amb roures, etc.) i les espècies més sensibles als canvis ambientals (salamandres i altres espècies vertebrades o invertebrades que davallin per culpa del canvi climàtic amb un seguiment poblacional eficient en el balanç hores de feina i resultats obtinguts).
- Integrar la protecció i el foment de la biodiversitat en el planejament i regulació municipals: crear nous corredors ecològics, reforçar els existents, potenciar les mesures per afavorir estructures de suport de la biodiversitat en els edificis, encoratjar la plantació de vegetació autòctona en espais privats, crear noves zones humides i restaurar-ne les existents, etc.



## 5. BIBLIOGRAFIA







Ajuntament de Barcelona. Institut Català d'Ornitologia (2015). *Atles dels ocells nidificants de Barcelona 2012-2014*.

Anton-Recasens, M. (2016). *Actualització de les dades recollides a les estacions del Catalan Butterfly Monitoring Scheme (CBMS) al Parc Natural de la Serra de Collserola. Temporada 2015*. Museu de Granollers. Parc de Collserola.

Aparicio, E. (2002). *Ecologia del barb cua-roig (Barbus haasi) i avaluació del seu estat de conservació a Catalunya*. Consorci del Parc de Collserola.

APOLO (Observatorio de Agentes Polinizadores). (2012). *Polinizadores y Biodiversidad*.

Banqué, M., Cusó, M., Martínez-Vilalta, J., Vayreda, J. (2016). *Avaluació i cartografia dels serveis ecosistèmics dels boscos de Catalunya*. Oficina Catalana del Canvi Climàtic. CREA.

Borowik, T., Cornulier, T., Jedrzejewska, B. (2013). *Environmental factors shaping ungulates abundance in Poland*. *Acta Theriol* (2013) 58:403–413.

Brotos, Ll. (2010). *El canvi climàtic i els ocells: La punta de l'iceberg o com entendre els impactes del canvi global sobre la biodiversitat*. Jornades de Canvi Climàtic i Biodiversitat. Barcelona.

Cahill, JP., Llimona, F. (2010). *Anàlisi de les tendències temporals de la migració post nupcial d'aus rapinyaires al seu pas pel Parc Natural de la Serra de Collserola durant el període 1989-2009*.

Chaparro, L., Terradas, J. (2009). *Serveis Ecològics del Verd Urbà a Barcelona*. Centre de recerca ecològica i aplicacions forestals, Universitat autònoma de Barcelona Bellaterra. Ajuntament de Barcelona. Àrea de Medi Ambient.

Corbera, E. i Besnard, M. (2010). *L'aigua i el canvi climàtic a la Mediterrània*. UNESCOCAT.

Díaz, M., Felis, N., Martín, R., Molina, A., Toa, N. (2006). *Canvi ambiental global al Parc de Collserola*. Universitat Autònoma de Barcelona.

Dirzo, R., Young, H., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac, N., Collen, B. (2014). *Defaunation in the Anthropocene*. *Science*. DOI: 10.1126/science.1251817.

Donoso, I., Stefanescu, C., Martínez-Abraín, A., i Traveset, A. (2016). *Phenological asynchrony in plant-butterfly interactions associated with climate: a community-wide perspective*. *Oikos*. DOI: 10.1111/oik.03053.

Fernández-González, F., Loidi, J. i Moreno, J. C. (2005). *Impactos sobre la biodiversidad vegetal*. En Moreno J.M. (coord.). Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático. Ministerio de Medio Ambiente: 183-247.

Ferrer, X. & Herrando, S. (2015). *Informe de Seguiment d'Ocells a la Ciutat de Barcelona*. Universitat de Barcelona, Institut Català d'Ornitologia i Ajuntament de Barcelona.

Freire, J., Jofra, M., Puig, I. (2014). *Caracterització dels serveis ecosistèmics de l'Àrea Metropolitana de Barcelona i valoració dels serveis de provisió d'aliments*. Àrea Metropolitana de Barcelona i Barcelona Regional.

Fundació Emys. (2011). *Canvi climàtic a la comarca de la Selva. Biodiversitat en les zones humides. Departament de Medi Ambient i Habitatge.*

Garcia-Berthou, E. (2009). «*Impacte sobre els peixos continentals*». A: *Aigua i canvi climàtic: Diagnosi dels impactes previstos a Catalunya. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Agència Catalana de l'Aigua.*

García, M. (2016). *Els ocells del Sot del Migdia i el Camí del Mar. Primavera 2016. Ajuntament de Barcelona.*

Gracia-Rodriguez, S., Puig, X., Garcia, J., López-Baucells, A., Pascual, G., Pujol, E., Vidal, M. (2008). *Inventari dels mamífers, aus, rèptils, amfibis i peixos dels parcs de Barcelona. Ajuntament de Barcelona – Galanthis, pp 186.*

Gordo, O. I Sanz, J.J. (2005). *Phenology and climate change: a long-term study in a Mediterranean locality. Oecologia, 146: 484-495.*

Guix, J.C., Ruiz, X. (2003). *Estudi dels processos de dispersió i predació de llavors per vertebrats al parc de Collserola. Consorci del Parc de Collserola.*

Institut Català d'Ornitologia. (2015). *Programa de seguiment de l'avifauna del Parc de Collserola.*

Jones, H. G. i Vaughan, R.. A. (2010). *Remote sensing of vegetation: principles, techniques, and Applications. Oxford.*

Joppa, L. (2012). *Ponència: "What we know and don't know about climate change and biodiversity". Jornada: "Fauna i canvi global". CREAM-SCB-ICHN.*

Jubany, J., Muñoz, J. (2015). *Seguiment de les poblacions de processionària del Pi Thaumetopoea pityocampa D. & S., a la Serra de Collserola.*

Llebot, J.E. et al (2010). *Segon informe sobre el canvi climàtic a Catalunya. Generalitat de Catalunya i Institut d'Estudis Catalans.*

Llorente, G.A., Richter-Boix, A., Escartin, S., López, R., Montori, A. (2003). *Aproximació a l'herpetologia del Parc Metropolità de Collserola amb especial consideració a les poblacions d'amfibis. Memòria any 2003. Grup d'herpetologia Universitat de Barcelona. Consorci del Parc de Collserola.*

Mather, P. M. (1987). *Computer processin of remotely sensed images. Jhon Wiley & Sons (eds.), New York.*

MEA (Millenium Ecosystem Assessment) (2005b), *Ecosystem and Human Well-being: Current State and Trends. Island Press, Washington, DC.*

Melero, Y., Stefanescu, C., Pino, J. (2016). *General declines in Mediterranean butterflies over the last two decades are modulated by species traits. CREAM.*

Montalvo, T. (2012). *Especies invasoras: La cotorra argentina (Miyopsitta monachus). Servicio de Vigilancia y Control de Plagas Urbanas. Dirección de Servicios de Vigilancia Ambiental.*

Montlleó, M., Palma, M., Cirera, J. (2015). *Primera identificació de la infraestructura verda de Barcelona a partir de l'índex NDVI. Barcelona Regional. Ajuntament de Barcelona.*

Morales P, Sykes M, Prentice IC, Smith P, Smith B, Bugmann H, Zierl B, Friedlingstein P, Viovy N, Sabaté S, Sanchez A, Pla E, Gracia C, Sitch S, Arneeth A, Ogee J (2005). *Comparing and evaluating process-based ecosystem model predictions of carbon and water fluxes in major European forest biomes. Global Change Biology 11:2211-2233.*

Ninyerola, M., Pons, X., Roure, J.M. (2007). *Atles climàtic digital de la península ibèrica i idoneïtat d'espècies arbòries: Anàlisi dels efectes d'un possible canvi climàtic. Atzavara 15.*

Ninyerola, M., Serra-Diaz, J., Lloret, F. (2009). *Atlas de idoneidad topo-climática de leñosas. <http://www.opengis.uab.cat/> Consultat el maig de 2016.*

Obon, B., Espelta, JM., Gràcia, M., Rosell, M. (1998). *Creixement i regeneració de l'alzina (Quercus ilex L.) després del Pla Tècnic de Gestió i Millora Forestal de la finca de Can Coll (Parc Metropolità de Collserola). CREAF.*

Parmesan, C., Ryrholm, N., Stefanescu, C., Hill, J.K., Thomas, C.D., Descimon, H., Huntley, B., Kaila, L., Kullberg, J., Tammaru, T., Tennent, W.J., Thomas, J.A. i Warren, M. (1999). *Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming, Nature, 399: 579-583.*

Peñuelas J, Filella I (2001). *Responses to warming world. Science 294:793-795.*

Peñuelas J, Filella I, Comas P (2002). *Changed plant and animal life cycles from 1952 to 2000 in the Mediterranean region. Global Change Biology 8:531-544.*

Peñuelas J, Boada M (2003). *A global change-induced biome shift in the Montseny mountains (NE Spain). Global Change Biology 9:131-140.*

Peñuelas, J., Filella, i Sabaté, S. i Gracia, C. (2005). *Sistemes naturals: ecosistemes terrestres. En Llebot J. E., Queralt, A. i Rodó, J. (ed). Informe sobre el canvi climàtic a Catalunya. Institut d'Estudis Catalans. Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya: 517-553.*

Pino, J., Guàrdia, A. (2015). *Primera caracterització ecològica dels espais intersticials i de marge de l'Àrea Metropolitana de Barcelona. CREAF. Pla de Sostenibilitat Ambiental de l'Àrea Metropolitana de Barcelona (PSAMB). AMB.*

*Pla de Sostenibilitat de l'Àrea Metropolitana de Barcelona 2014 - 2020. Àrea Metropolitana de Barcelona 2014.*

Prat, N.; Munné, A. (2009a). «*Impactes sobre els ecosistemes aquàtics*». A: *Aigua i canvi climàtic. Diagnosi dels impactes previstos a Catalunya. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Agència Catalana de l'Aigua.*

Prat, N.; Munné, A. (2009b). «*Cabals migrats i més temporalitat als rius*». A: *Aigua i canvi climàtic. Diagnosi dels impactes previstos a Catalunya. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Agència Catalana de l'Aigua.*

Prohom, M. Barriendos, Aguilar, E. i Ripoll, R. (2012). *Recuperación y análisis de la serie de temperatura diaria de Barcelona, 1780-2011. Cambio Climático. Extremos e Impactos, Asociación Española de Climatología, Serie A, Vol. 8, 207–217.*

Rodríguez–Pastor, R. Senar, J. C. Ortega, A. Faus, J. Uribe, F. i Montalvo, T. (2012). Distribution patterns of invasive Monk parakeets (*Myiopsitta monachus*) in an urban habitat. *Animal Biodiversity and Conservation*, 35.1: 107–117.

Rodriguez, N., Sales, S. (1997). *10 anys d'anellament d'ocells a Collserola (part1). Consorci del Parc de Collserola.*

Reiter, P. (2001), "Climate change and mosquito-borne diseases", *Environ Health Perspect*, 109 Suppl. 1. 141-161.

Rubén Bueno-Marí, Ricardo Jiménez-Peydró (2015) *First observations of homodynamic populations of Aedes albopictus (Skuse) in Southwest Europe. Journal of Vector Borne Diseases. 2015;52(2):175-177.*

Sabaté, S. (2011). *Els efectes del canvi climàtic sobre els boscos i la producció forestal. Seminari: "Boscos i Canvi Climàtic a Catalunya: recomanacions per a la gestió i conservació dels recursos forestals. Solsona 15-16 de desembre de 2011".*

Serra-Cobo, J. (2014). *Estudi de les espècies de quiròpters presents a la Foixarda. Ajuntament de Barcelona.*

Schröter D, Cramer W, Leemans R, Prentice IC, Araújo MB, Arnell NW, Bondeau A, Bugmann H, Carter TR, Gracia C, de la Vega-Leinert AC, Erhard M, Ewert F, Glendining M, House J, Kankaanpää S, Klein RJT, Lavorel S, Lindner M, Metzger MJ, Meyer J, Mitchell TD, Reginster I, Rounsevell M, Sabaté S et al (2005). *Ecosystem service supply and vulnerability to global change in Europe. Science 310:1333-1337.*

Servidor d'informació ornitològica de Catalunya SIOC (2016). [www.sioc.cat](http://www.sioc.cat) Institut Català d'Ornitologia i Generalitat de Catalunya.

Stefanescu, C. (2010). *Papallones i canvi climàtic a l'àrea del Montseny. Ponències Anuari del Centre d'Estudis de Granollers.*

Stefanescu, C., Peñuelas, J., Filella, I. (2003). *Effects of climatic change on the phenology of butterflies in the northwest Mediterranean Basin, Global Change Biology, 9: 1494-1506.*

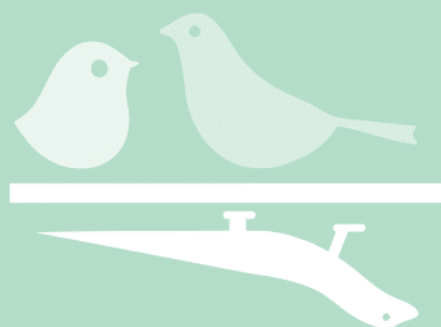
Strubbe, D., & Matthysen, E. (2009). *Establishment success of invasive ring-necked and monk parakeets in Europe. Journal of Biogeography, 36(12), 2264-2278.*

Valladares, F., Peñuelas, J. i Calabuig, E. (2005). *Impacto sobre los ecosistemas terrestres. En Moreno J.M. (coord.). Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático. Ministerio de Medio Ambiente: 65-110.*

Verkaik, I., Espelta, J.M. (2013). *Inventari de la composició i estructura dels boscos nous (posteriors a 1956) del Parc Natural de Collserola. CREA i Parc de Collserola.*

Vetter SG., Ruf T., Bieber C., Arnold W. (2015) *What Is a Mild Winter? Regional Differences in Within-Species Responses to Climate Change. PLoS ONE 10(7): e0132178. doi:10.1371/journal.pone.0132178.*

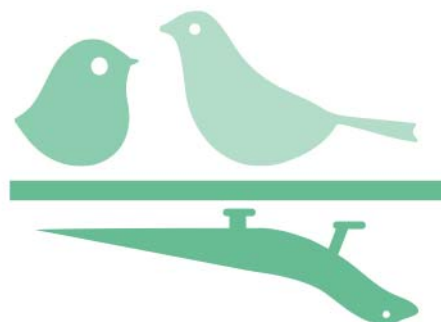
## 6. ANNEXOS





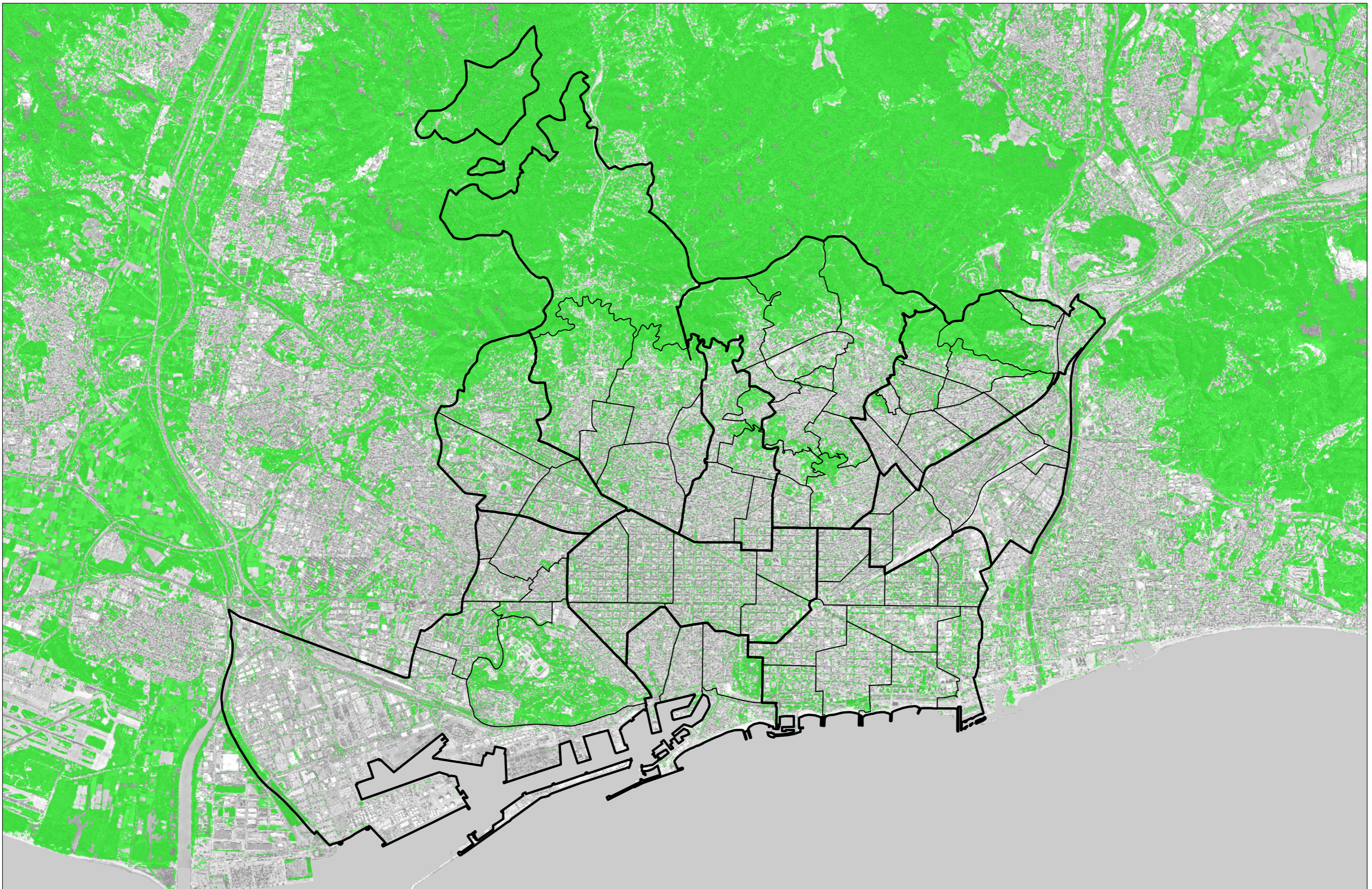
## **Mapes**

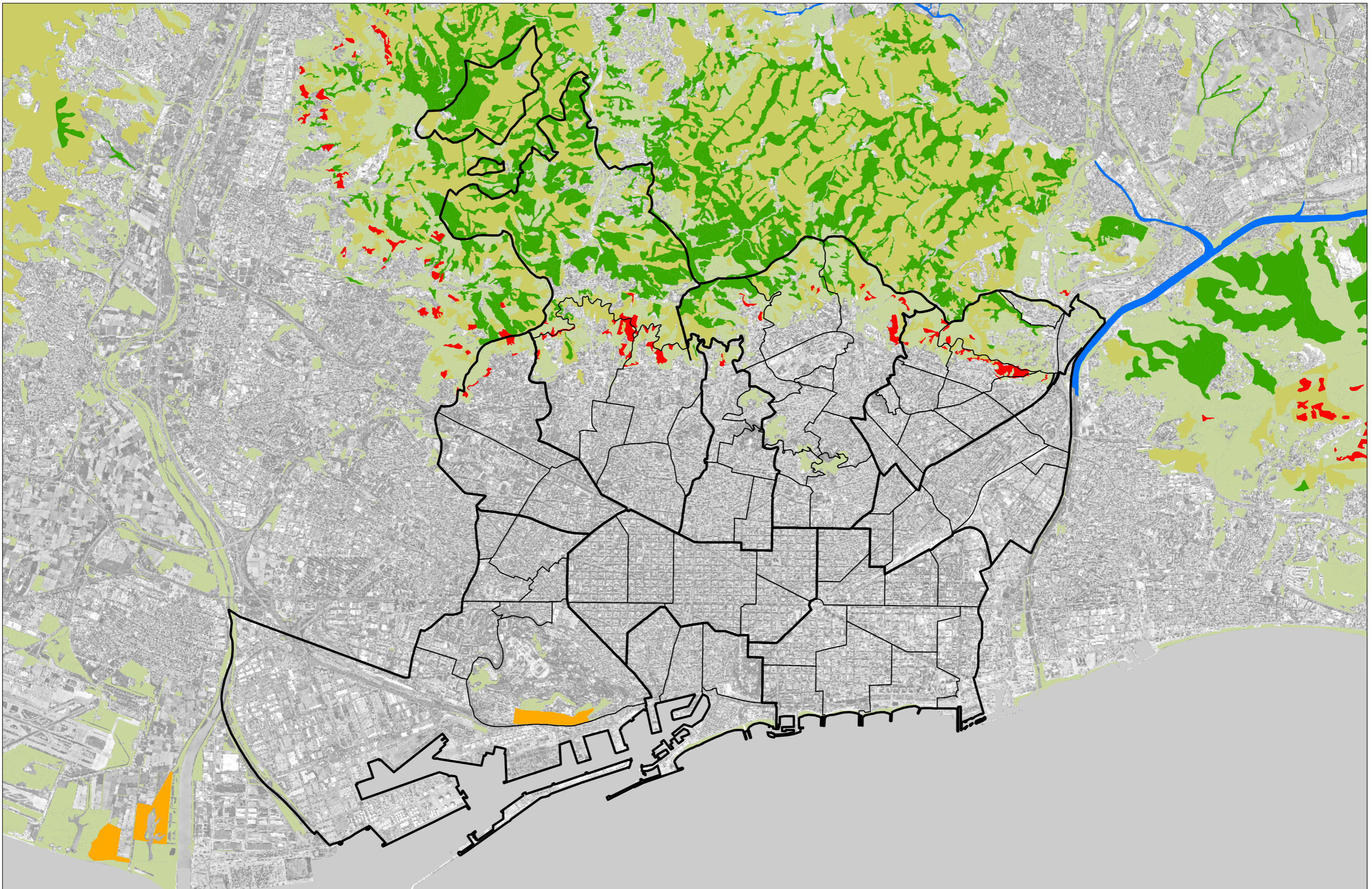
1. **Localització de la vegetació terrestre**
2. **Sòl forestal: Hàbitats d'interès comunitari i Hàbitats Singlars**
3. **Espais verds urbans públics**
4. **Hàbitats més vulnerables al canvi climàtic**
5. **Connectivitat ecològica**
6. **Evolució de la urbanització del territori**









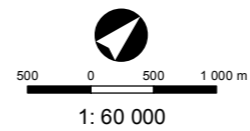


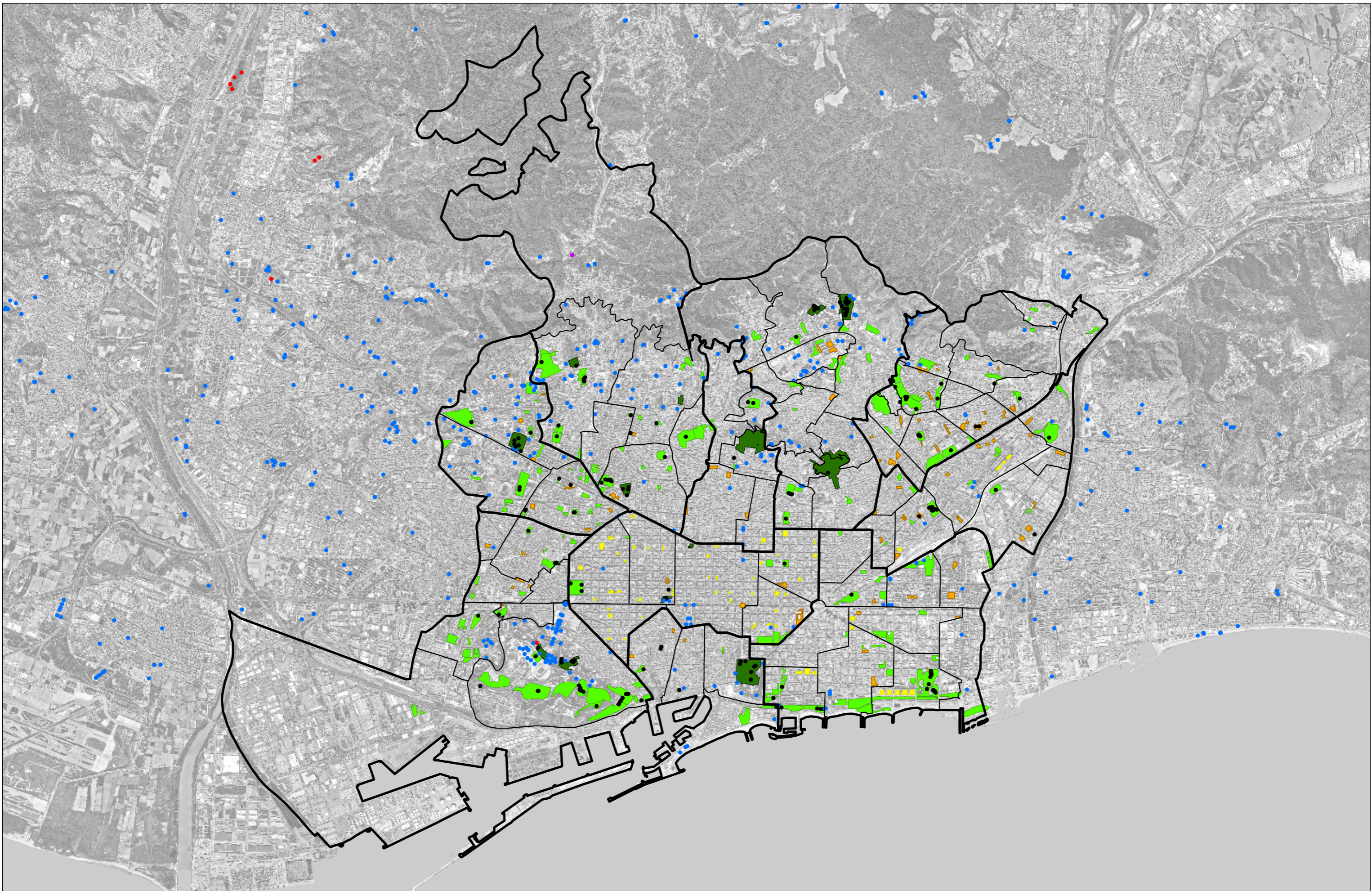
**Hàbitats d'Interès Comunitari**

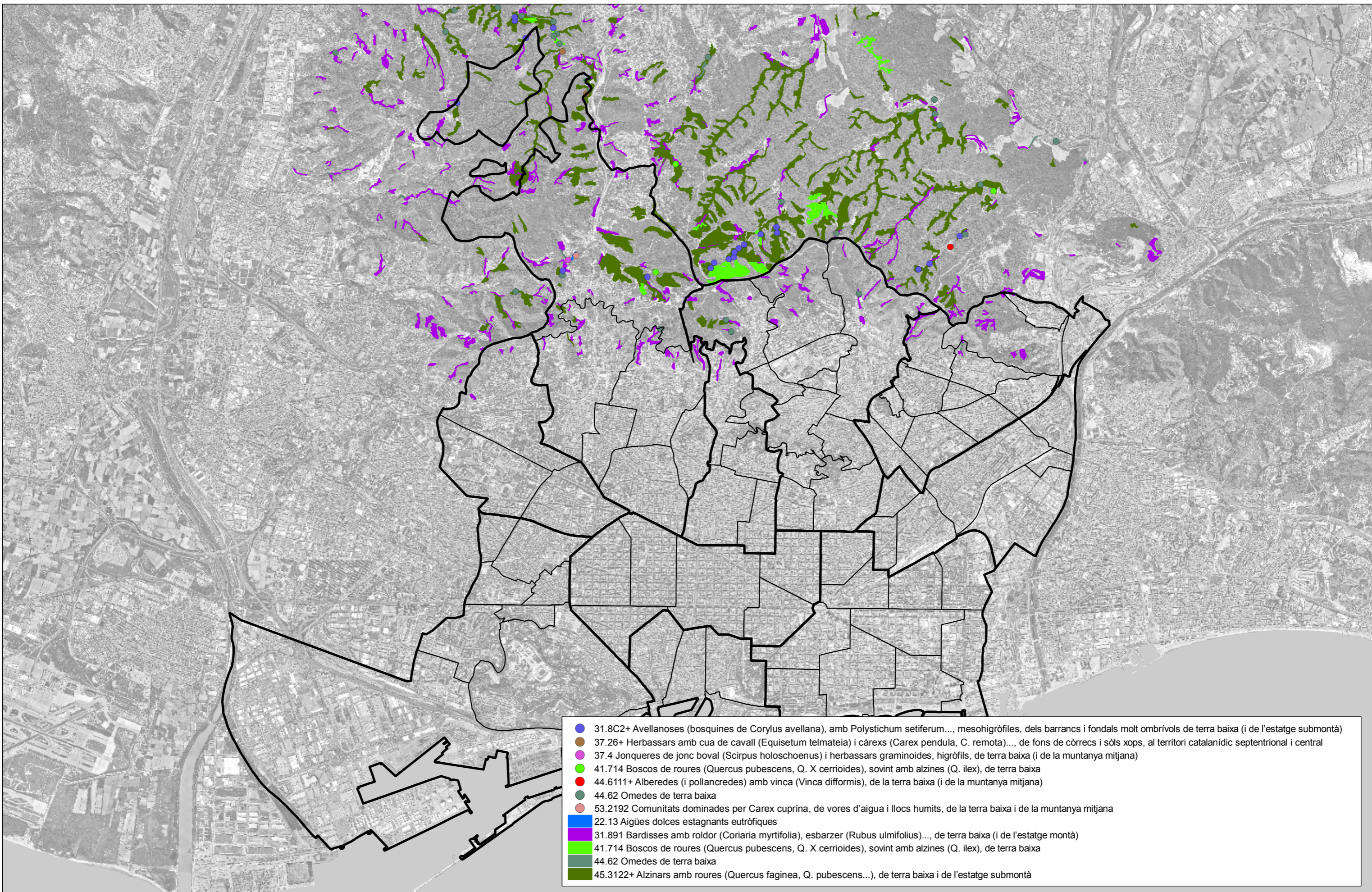
- 9340 Alzinars i carrascars
- 9540 Pinedes mediterrànies
- 1430 Matollars halonitròfils
- 92A0 Alberedes, salzedes i altres boscos de ribera

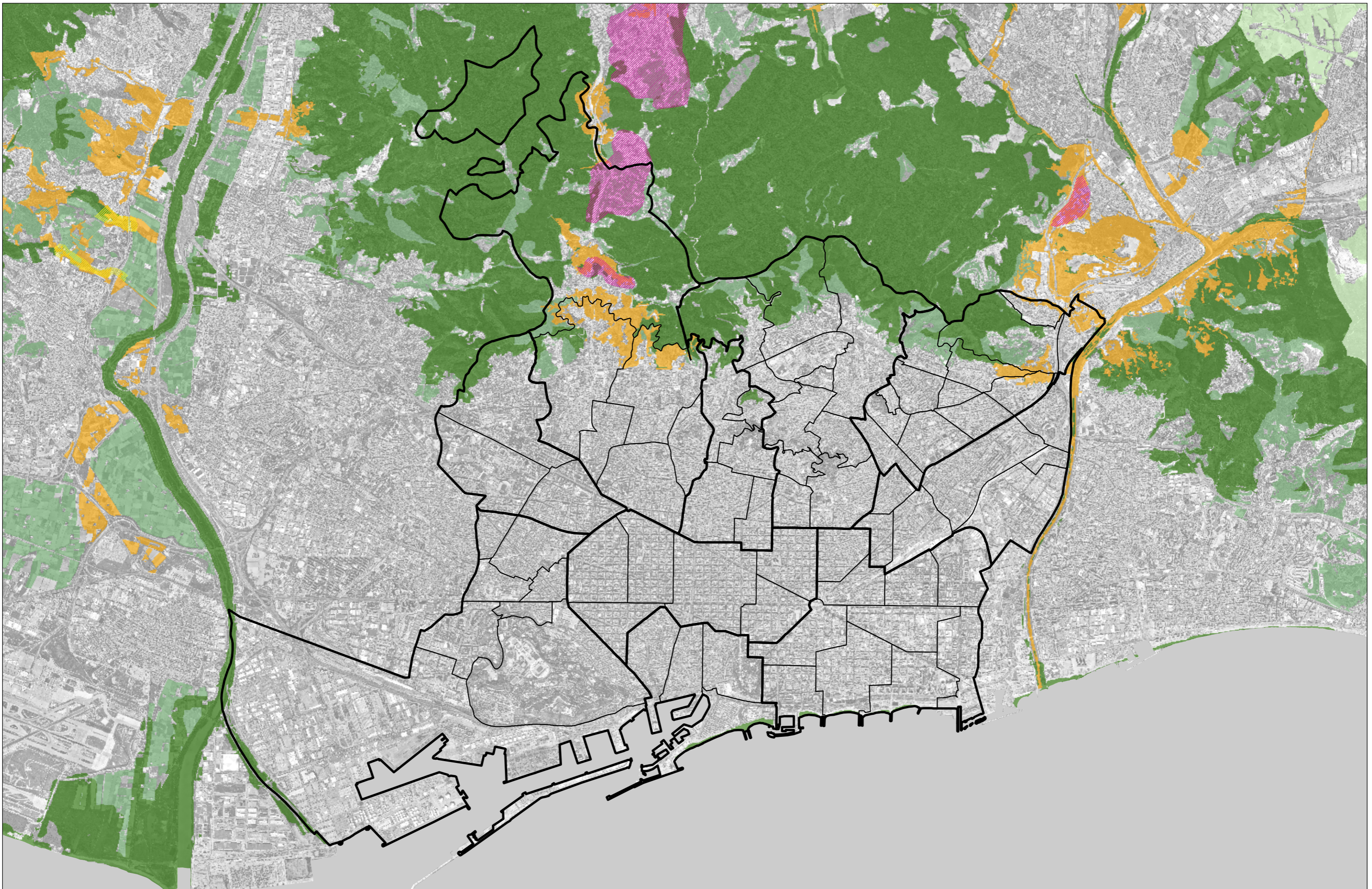
**Altres hàbitats singulars d'interès**

- 34.634 Prats sabanoides d'albellatge, de vessants solells de les contrades marítimes
- Altres cobertes forestals







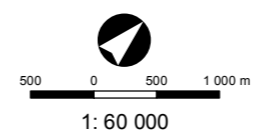


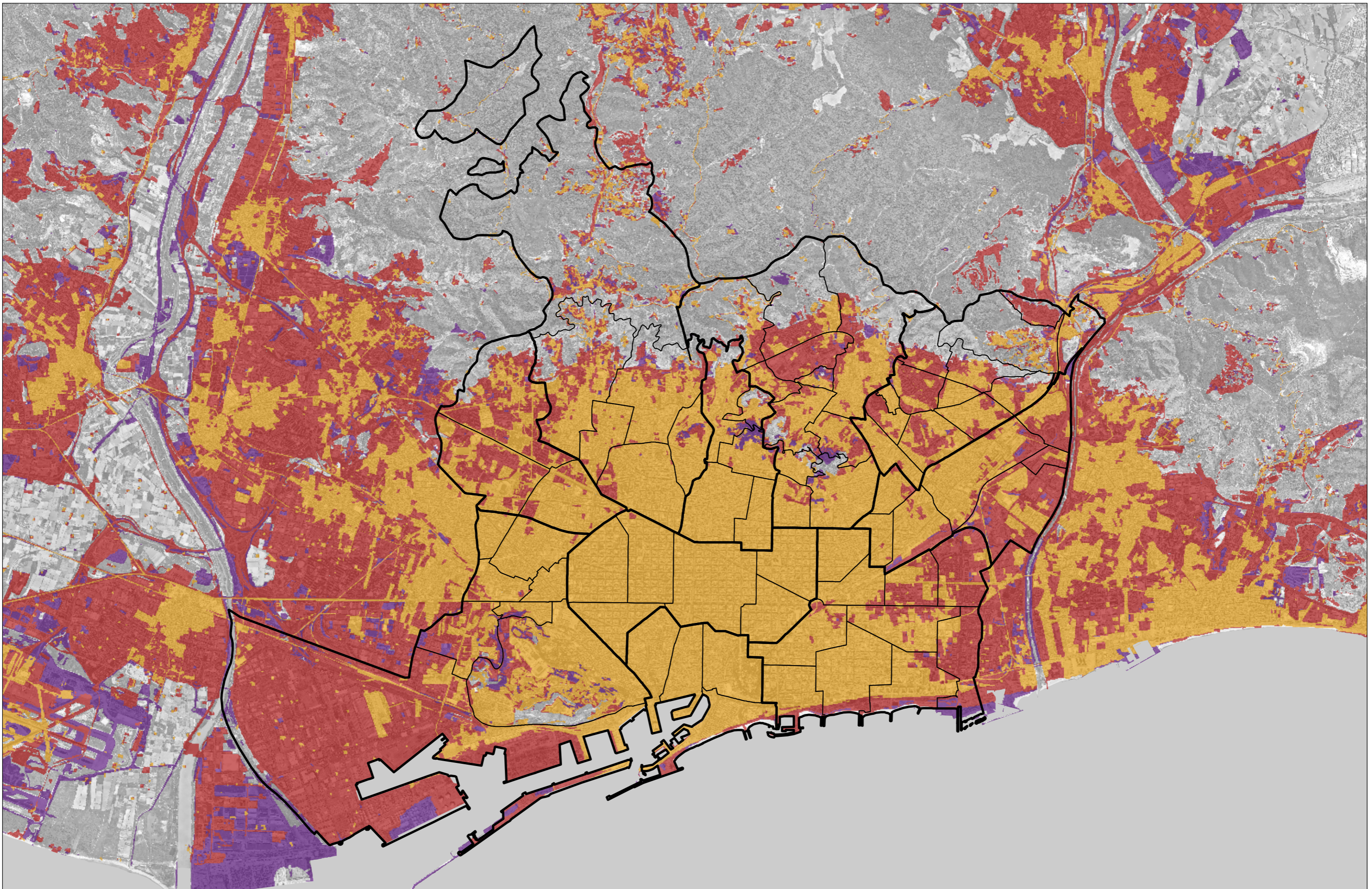
**Zones per la connectivitat ecològica**

- Àrees nucli
- Zones contínues
- Zones crítiques

**Espais estratègics**

- Teixit urbà amb tractament específic de la vegetació per afavorir la connectivitat ecològica
- Connector terrestre no funcional a restaurar





**Evolució de la urbanització**

- Zones urbanes i infraestructures viàries 1956
- Zones de nova urbanització 2000
- Zones de nova urbanització 2009

