

ESPAIS OBERTS I TRANSICIÓ
SOCIOECOLÒGICA. NOVES EINES
D'ANÀLISI PER A UNA PLANIFICACIÓ
TERRITORIAL SOSTENIBLE

SUMARI

1. Introducció

2. Mètodes

2.1. Àrea d'estudi

2.2. Escenaris de planejament

2.3. Delimitació de les categories dels espais oberts

2.4. Aplicació de la SIA a la proposta d'espais oberts

3. Resultats

3.1. Proposta d'ordenació d'espais oberts en
diferents escenaris de planificació

3.2. Aplicació del model SIA en diferents escenaris
de planificació i de maneig

3.3. Funcionament dels espais oberts dins el sistema
socioecològic metropolità

3.4. Contribució de les categories d'espais oberts als
valors dels indicadors SIA

4. Conclusions

5. Referències

JOAN MARULL¹, MARÍA JOSÉ LAROTA-AGUILERA¹,
ROC PADRÓ², ANNALISA GIOCOLI³,
JACOB CIRERA³, TARIK SERRANO-TOVAR¹,
NURÍA RUIZ FORÉS¹, RAÚL VELASCO-FERNÁNDEZ¹

¹ Institut d'Estudis Regionals i Metropolitans de Barcelona

² Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible

³ Àrea Metropolitana de Barcelona

ESPAIS OBERTS I TRANSICIÓ SOCIOECOLÒGICA. NOVES EINES D'ANÀLISI PER A UNA PLANIFICACIÓ TERRITORIAL SOSTENIBLE

1. Introducció

El creixement de la població concentrada en les grans metròpolis d'arreu del món presenta grans reptes per a la sostenibilitat a escala global. La disponibilitat d'aliments per a les seves poblacions, la necessitat cada cop més palesa de transitar cap a economies més circulars o una planificació territorial que afronti el canvi climàtic, són alguns d'aquests reptes, que requereixen aproximacions integrals, comprendre les transformacions que han patit els territoris i avançar cap a una transició socioecològica de les metròpolis (Haberl et al., 2011).

En resposta a aquests reptes, els paradigmes de la planificació urbana s'han anat transformant durant les darreres dècades, començant a valorar els espais oberts com a espais que aconsegueixen funcions i serveis fonamentals per al benestar de la població. Nous conceptes han emergit i guien la planificació sostenible de les metròpolis, com ara el de 'infraestructura verda'. La rellevància de la infraestructura verda en comparació amb altres infraestructures metropolitanes rau en el seu paper com a sistema de suport de la biodiversitat i la seva capacitat per proveir d'una gran varietat de serveis ecosistèmics i contribuir al manteniment de processos ecològics fonamentals per al benestar de les societats (Benedict i McMahon, 2002). Les àrees metropolitanes s'han d'entendre com un sistema complex, en el qual cada peça que configura aquest sistema esdevé un element interdependent que ha de permetre la reproducció dels processos socioecològics que hi tenen lloc (Marull et al., 2008).

El debat que s'està duent a terme per afrontar els reptes socioecològics de la nova dècada entrant va en aquesta línia. El nou paradigma coincideix a l'Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB) amb el procés d'elaboració del Pla Director Urbanístic (PDU), que ha d'orientar els grans projectes i estratègies que configuren l'urbanisme metropolità dels propers anys. Durant aquest procés han sorgit dues necessitats específiques: i) Revisar les categories d'infraestructura verda en una nova proposta d'ordenament dels espais oberts que permeti adequar la classificació del sòl no urbanitzable segons la seva funcionalitat i els serveis que aporta a la societat (Bartasaghi et al., 2017); ii) Explorar els escenaris teòrics de transició cap a noves

formes més sostenibles de planejament i gestió del territori (Padró et al., 2020).

Tot i que el concepte d'infraestructura verda està àmpliament reconegut dins la majoria de plans d'ordenació de les metròpolis europees (EC-European Commission, 2013), les metodologies i criteris existents per avaluar l'efecte de cadascun dels seus elements clau sobre la seva estructura i funció, així com l'impacte d'aquesta infraestructura sobre el conjunt de sistema metropolità, encara estan en ple desenvolupament (Marull et al., 2021). Calen nous enfocaments integrals i multidisciplinaris per anar més enllà de la caracterització i quantificació d'aquests elements des d'un punt de vista purament ecològic, social o econòmic de forma aïllada. En aquest context, el present treball pretén donar resposta a dues preguntes fonamentals: i) Quina és la contribució de les diverses categories d'espais oberts al funcionament i els serveis que ofereix la infraestructura verda a l'AMB?; ii) Com podria una potencial estructura funcional dels paisatges metropolitanos contribuir a una transició socioecològica de l'AMB?

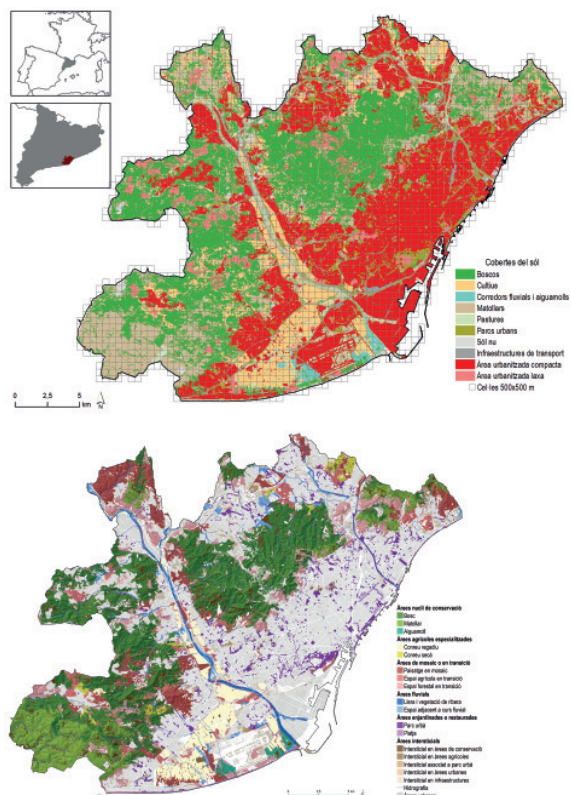
Per donar resposta a totes dues preguntes, l'article proposa tres objectius específics: i) Proveir d'una sèrie de criteris per a la classificació de les cobertes del sòl i generar una nova classificació d'espais oberts basada en la seva funcionalitat i els serveis que ofereixen a la societat; ii) Avaluar l'evolució del planejament vigent en comparació amb diversos escenaris de transició socioecològica alternatius per mitjà d'una Anàlisi Socioecològica Integrada (SIA, per les seves sigles en anglès), en què es consideren quatre escenaris de planificació i dues tipologies de gestió agrària (convencional vs orgànica); iii) Quantificar la contribució de les diverses categories de la infraestructura verda a cadascuna de les dimensions de la SIA.

2. Mètodes

2.1. Àrea d'estudi

L'àrea d'estudi comprèn el conjunt de l'AMB, formada per 36 municipis, una superfície total de 63.611 hectàrees i una població de 3,3 milions d'habitants (IDESCAT, 2019). En aquesta metròpoli, els espais oberts són encara majoritaris (55%), repartits entre boscos i matollars (42%), espais agrícoles (8%), pas-

Figura 1. Principals cobertes del sòl a l'Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB) i proposta de delimitació estructural de la infraestructura verda metropolitana en l'escenari actual (vegeu la Taula 2).



tures (3%) i altres espais oberts (2%, corredors fluvials i sòls nus) (CREAF, 2015). L'altre 45% de la superfície són zones construïdes, que inclouen àrees urbanes compactes i laxes, carreteres i altres infraestructures de transport (Figura 1, a dalt). L'objecte específic d'estudi inclou tots els espais oberts actuals, definits per la proposta d'ordenació com a sòls no

urbanitzables, així com la xarxa de parcs urbans, per la contribució que tenen en aspectes estructurals i funcionals (Figura 1, a baix), tal com queda recollit també en l'Avanç del PDU. La unitat d'estudi són cel·les de 500 x 500 metres ($n = 2.326$) incloses en la seva totalitat dins l'AMB. Els indicadors de les diverses dimensions de la SIA es calculen per a cadascuna d'aquestes cel·les.

2.2. Escenaris de planejament

Les anàlisis es realitzen sobre quatre escenaris teòrics de planejament d'usos del sòl acordats amb el PDU i que corresponen al major o menor grau de desenvolupament i consolidació dels usos del sòl definits pel planejament urbanístic vigent, així com l'aplicació o no de mesures de permeabilització d'infraestructures de transport actuals i previstes (Taula 1). Cadascun d'aquests escenaris de planificació s'analitza sota dues tipologies de gestió agrària (convencional vs orgànica) que consideren canvis en la forma de maneig dels recursos naturals i l'ús d'*inputs* externs als sistemes agrícola i ramader, avaluant els efectes d'una possible transició ecològica a l'AMB (La Rota-Aguilera et al., 2020).

2.3. Delimitació de les categories dels espais oberts

Es parteix de la proposta inicial de categories de l'Avanç del PDU, que es fonamenta en una delimitació de les característiques estructurals actuals dels espais oberts, considerant les dinàmiques a la metròpoli (per exemple, els espais en transició) i els criteris definits per l'ecologia del paisatge (Figura 1, a baix). La Taula 2 presenta les 6 categories i les 17 subcategories que s'estableixen per al conjunt de la infraestructura verda metropolitana i els respectius criteris de delimitació. Aquesta proposta ha estat consensuada pel Servei de Redacció del PDU i el Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona (LET).

Taula 1. Descripció dels escenaris de planejament territorial i gestió agrària (vegeu la Figura 2)

Escenari		Descripció
Planejament	Actual S0	Situació de referència basat en el darrer mapa de cobertes del sòl de l'AMB (CREAF, 2015)
	Tendencial (S1)	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicació estricta del planejament urbanístic vigent de l'AMB. • Augment de les zones urbanitzades i els parcs urbans.
	Alternatiu (S2)	<ul style="list-style-type: none"> • Transformació dels parcs urbans i altres sectors de dubtosa consolidació per zones agrícoles. • Augment d'un 65% de la superfície agrícola.
	Potencial (S3)	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperació de zones agrícoles més aptes per a la agricultura a l'AMB. • La delimitació de zones es basa en el mapa de cobertes del sòl de 1956. • Augment de més del 150% de la superfície agrícola respecte de l'actual.
Gestió agrària	Convencional	<ul style="list-style-type: none"> • Reprodueixen la gestió majoritària actual de les activitats agràries.
	Orgànica	<ul style="list-style-type: none"> • Directrius per a la producció d'aliments i animals ecològics certificats (European Commission, 2007 i 2008) i el Consell Català de la Producció Agrària Ecològica (CCPAE, 2017). <p>Condicions:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eliminació total de l'ús d'adobs químics no minerals i del consum de pesticides i herbicides químics. • Limita i regula l'ús d'<i>inputs</i> externs (pinso per a animals i llavors). • Reducció dels rendiments agrícoles (de Ponti et al., 2012, Seufert et al., 2012). • Augment de la quantitat de biomassa sense collir generada i de la gestió dels fems animals.

Fons: Giocoli, 2017; Padró et al., 2020.

Taula 2. Categories i subcategories de la proposta d'ordenació dels espais oberts de l'Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB), amb els criteris i mètodes que les defineixen (vegeu la Figura 1).

Categoria	Subcategoria	Criteri / Mètode
ANC Àrees nucli de conservació	Bosc	Polígons de bosc > 100 ha
	Matollar	Polígons de matollar > 100 ha
	Aiguamoll	Polígons d'aiguamolls > 25 ha
AAE Àrees agrícoles especialitzades	Conreu de regadiu	Polígons de conreu de regadiu > 10 ha
	Conreu de secà	Polígons de conreu de secà > 25 ha
AMT Àrees de mosaic o en transició	Paisatge en mosaic	Superfícies mixtes formades per bosc, matollar, pastures, conreu, corredors o aiguamolls, superiors a 40 ha i amb més d'un 10% de superfície de conreus.
	Espai agrícola en transició	Polígons que no conformen mosaic del paisatge i que limiten amb una àrea nucli o àrea d'especialització agrària i amb espai urbà alhora, així com amb presència de més d'un 5% d'usos agrícoles.
	Espai forestal en transició	Polígons mixtos que no conformen mosaic del paisatge i que limiten amb una àrea nucli o àrea d'especialització agrària i amb espai urbà alhora, així com amb menys d'un 5% d'usos agrícoles.
AFL Àrees fluvials	Lleres i vegetació de ribera	Inclou totes les superfícies de rius, lleres i vegetació de ribera que tenen una superfície superior a 1 ha.
	Espai adjacent a curs fluvial	Polígons d'espais oberts que no conformen àrees nucli, mosaic o àrea d'especialització agrària i que limiten amb lleres o vegetació de ribera.
AIN Àrees intersticials	Intersticial en àrees de conservació	Polígons d'espai obert inclosos en àrees nucli de conservació i que no tenen entitat suficient per ser àrees nucli, d'especialització o de dinamització agrària.
	Intersticial en àrees agrícoles	Polígons d'espai obert inclosos en àrees agrícoles especialitzades i que no tenen entitat suficient per ser àrees nucli, d'especialització o de dinamització agrària.
	Intersticial associat a parc urbà	Polígons d'espai obert dins de trama urbanitzada però en contacte amb algun parc urbà amb superfície mínima de 2 ha.
	Intersticial en matriu urbana	Polígons d'espai obert dins de trama urbanitzada que no intersequen amb cap parc urbà major de 2 ha.
	Intersticial en infraestructura	Polígons d'espai obert envoltats d'infraestructura.
AER Àrees enjardinades o restaurades	Parc urbà	Polígons de parc urbà.
	Platja	Polígons de zona de bany i sistema dunar marítim.

2.4. Aplicació de la SIA a la proposta d'espais oberts

El model SIA integra el metabolisme social amb l'ecologia del paisatge i permet la territorialització dels seus valors per tal d'observar com diferents escenaris d'usos del sòl o tipologies de maneig agrari comporten canvis en la contribució que fa la infraestructura verda al conjunt del sistema metropolità. La Figura 2 mostra una síntesi del model conceptual de la SIA (a l'esquerra) i el disseny experimental per a l'avaluació estratègica d'escenaris de planejament territorial i la gestió agrària realitzada amb la SIA (a la dreta). Una descripció detallada del model SIA es pot trobar a Marull et al. (2019a) i Padró et al. (2019).

Aquest model metabòlicoterritorial consta de sis dimensions interrelacionades (A. Rendiment metabòlic; B. Conservació de la biodiversitat; C. Funcionament del paisatge; D. Canvi climàtic; E. Serveis Ecosistèmics, i F. Cohesió social), avaluades per deu indicadors

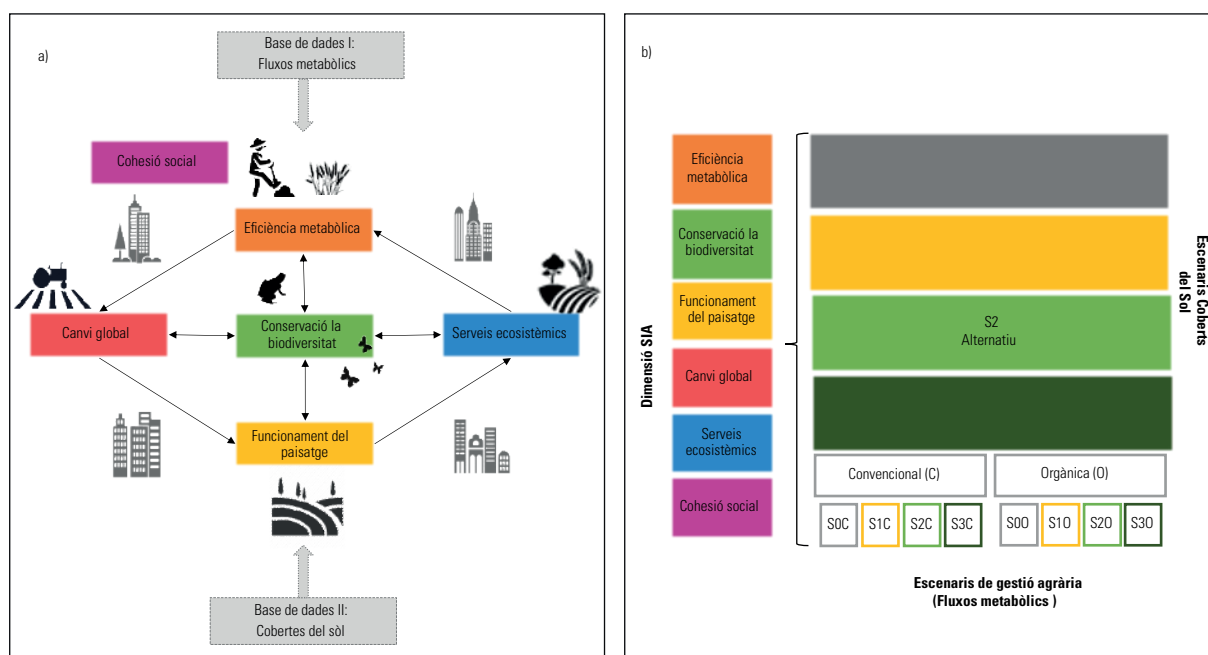
principals (Taula 3). Cadascun dels quatre escenaris de plantejament, sota gestió agrària convencional o orgànica (Taula 1), va ser avaluat emprant els deu indicadors SIA, i relacionat amb les distribucions de les categories d'espais oberts (Taula 2) en cada escenari, a través d'una Anàlisi Explorària de Factors (AEF) i una Anàlisi de Regressió Múltiple Lineal (ARML) (Padró et al., 2019, La Rota-Aguilera et al., 2020).

3. Resultats

3.1. Proposta d'ordenació d'espais oberts en diferents escenaris de planificació

La infraestructura verda de l'AMB comprèn actualment el 55% de la seva superfície (35.032 ha). La categoria predominant de la proposta d'ordenació dels espais oberts en l'escenari actual (S0) correspon a les àrees nucli de conservació (50,7% de la infraestructura verda). Seguidament, les àrees en transició (14,7%),

Figura 2. Model conceptual (a; vegeu la Taula 3) i disseny experimental (b; vegeu la Taula 1) per a l'avaluació estratègica d'escenaris de planejament territorial i gestió agrària (convencional vs orgànica) realitzats amb el model d'Anàlisi Socioecològica Integrada (SIA).

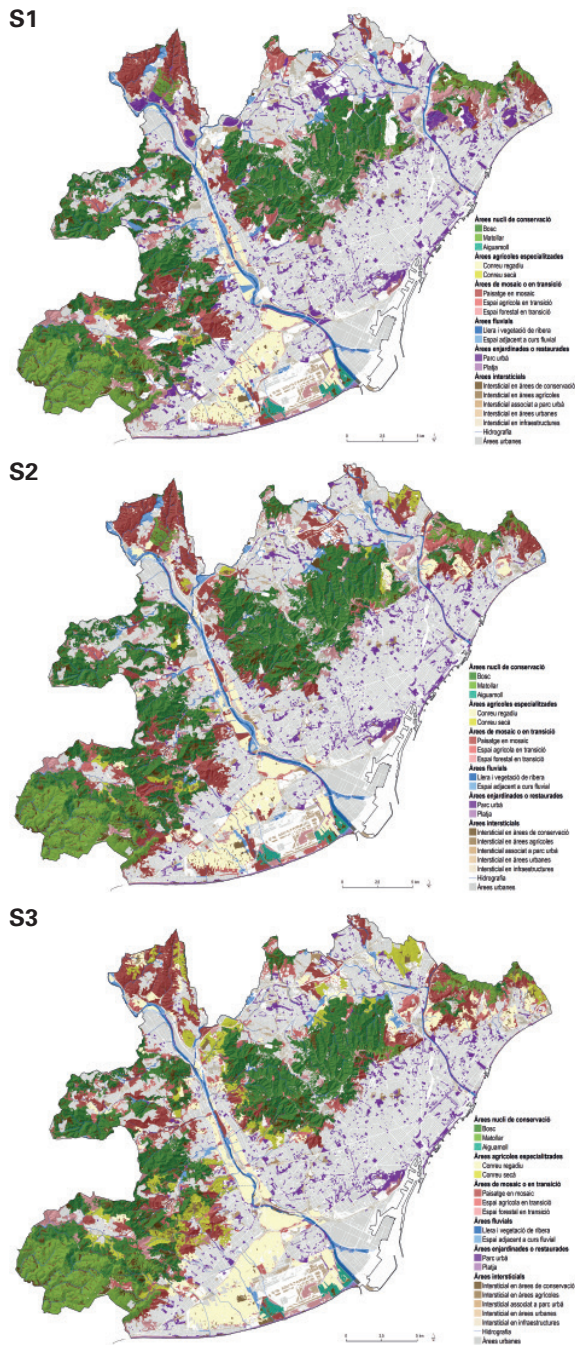


¹ Escenaris de planejament territorial: S0 Escenari actual, S1 Escenari tendencial, S2 Escenari alternatiu, S3 Escenari potencial, sota gestió agrària convencional (C) i orgànica (O).

Taula 3. Indicadors de l'Anàlisi Socioecològica Integrada (SIA) emprats en l'avaluació estratègica d'escenaris de planejament territorial i gestió agrària (vegeu la Figura 2).

		Dimensió	Indicador principal	Descripció
Avaluació Socioecològica Integrada (SIA)	A Rendiment metabòlic	Energia	A1A Eficiència energètica	Quantitat d'energia obtinguda en els espais agrícoles segons l'energia externa invertida (Tello et al., 2016).
		Aigua	A1B Consum d'aigua	Quantitat teòrica d'aigua utilitzada per la infraestructura verda metropolitana.
		Matèria	A1C Apropiació de biomassa	Percentatge de productivitat primària neta (NPP_{act}) apropiada per la societat (NPP_{harv}).
	B Conservació de la biodiversitat	B1 Integració energia-paisatge	Condicions per a la biodiversitat a partir de la complexitat paisatgística (C1) i els fluxos del metabolisme agrari (A11) (Marull et al., 2016).	
	C Funcionament del paisatge	C1 Complexitat paisatgística	Patrons i processos del paisatge a partir de l'heterogeneïtat d'usos del sòl i la connectivitat ecològica (Marull i Mallarach, 2005)	
	D Canvi climàtic	D1 Emissions de gasos d'efecte hivernacle	Contribució potencial de l'agricultura a l'escalfament global segons les emissions de gasos d'efecte hivernacle ($Tn CO_2 eq$).	
	E Serveis ecosistèmics	Regulació	E1A Recirculació de nutrients	Quantitat de fòsfor que recircula dins del sistema agrícola entenant-lo en interacció amb la resta d'usos i la ramaderia (Marco et al., 2017).
		Suport	E1B Estoc de carboni	Quantitat total de carboni (sòls, arrels i estructures llenyoses aèries) emmagatzemat als espais oberts (Doblas-Miranda et al., 2013).
		Aprovisionament	E1C Producció agrícola	Producció de cada ús del sòl (horta, hivernacles, herbaci de secà i de regadiu, fruiters de secà i de regadiu, oliveres de secà i de regadiu i vinya).
	F Cohesió social	F1 Llocs de treball	Potencial d'Unitats de Treball Agrari (UTA) completes que requereix el manteniment dels espais oberts (Padró et al., 2017).	

Figura 3. Delimitació estructural de la infraestructura verda de l'Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB) per als escenaris tendencial (S1), alternatiu (S2) i potencial (S3)



les àrees de paisatge en mosaic (9,7%) i les àrees agrícoles (7,9%). Finalment, amb menor superfície hi ha les àrees intersticials urbanes (6,2 %), les àrees intersticials agrícoles (5,6%) i finalment les àrees fluvials (5,3%) (Figura 1, a baix). A la Figura 3 es poden observar els mapes de la proposta d'ordenació per als escenaris tendencial (S1), alternatiu (S2) i potencial (S3).

3.2. Aplicació del model SIA en diferents escenaris de planificació i de maneig

S'analitza l'impacte dels escenaris de planejament territorial i de gestió agrària (convencional vs orgànica) a l'AMB a través dels deu indicadors del model SIA (Tau-

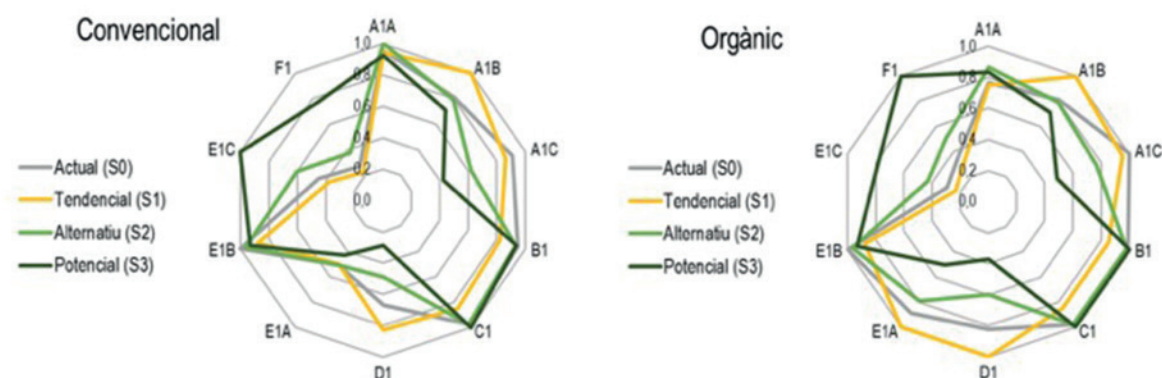
la 3). Els indicadors *Consum d'aigua* (A1B) i *Complexitat paisatgística* (C1) només presenten diferències entre els escenaris de planejament i no pas en relació amb la gestió agrària, atès que el seu càlcul es fonamenta en les cobertes del sòl i no pas en el maneig. El *Consum d'aigua* (A1B) tendeix a incrementar-se quan la superfície d'àrees agrícoles i parcs urbans s'incrementa (S2 i S3). La *Complexitat paisatgística* (C1) millora en escenaris amb més paisatges en mosaic, sent especialment rellevant l'escenari tendencial S1, en què la superfície d'aquests mosaics disminueix considerablement. L'indicador *Integració energia-paisatge* (B1), que dona compte de la dimensió de conservació de la biodiversitat (Marull et al., 2019b), millora en escenaris de maneig orgànic, sempre que augmenti la superfície agrícola (Figura 4).

L'efecte d'una transició de maneig convencional a orgànic redueix significativament la *Producció agrícola* (E1C) en tots els escenaris de planejament (Figura 4). No obstant això, per mantenir la producció en la superfície agrícola definida per cada escenari, s'assumeix que sota el maneig orgànic es requereixi la importació de fertilitzants orgànics, provocant així una caiguda de l'*Eficiència energètica* (A1A). Això es relaciona amb el fet que els criteris del CCPAE emprats per a aquesta anàlisi es fonamenten en una substitució d'*inputs* (orgànics per convencionals), i no pas en la disminució d'*inputs* externs per mitjà de la implementació d'alternatives de maneig com les que proposa l'agroecologia. Pel que fa a la contribució al canvi climàtic de l'agricultura segons el seu tipus de maneig, les *Emissions de gasos d'efecte hivernacle* (D1) tendeixen a millorar (disminueixen un 18%) en escenaris orgànics, excepte en escenaris en què la superfície agrícola augmenta considerablement (S2 i S3), atesa la dependència d'*inputs* externs abans esmentada, i les emissions generades pel seu transport.

Pel que fa a la *Recirculació de nutrients* (E1A), és interessant veure que l'escenari tendencial (S1) resulta en una major capacitat de tancar els cicles de nutrients, possiblement perquè la reducció de la superfície agrícola implica una relació més equilibrada entre la ramaderia i l'agricultura de l'AMB (p.e., una millor capacitat de reutilitzar recursos agrícoles per alimentar la ramaderia i els fems de la ramaderia per adobar la superfície agrícola). Per últim, en termes de generació de *Llocs de treball* (F1), els escenaris orgànics presenten un increment mitjà del 24% en Unitats de Treball Agrícola (UTA) (Figura 4). Una transició ecològica implicaria un increment de 3,7 vegades del volum de treballadors, estimats en l'escenari potencial (S3). Aquest increment s'explica per l'augment de superfície agrícola, però també pel canvi a una agricultura orgànica, que requereix més mà d'obra.

En resum, l'escenari tendencial (S1) d'aplicació del planejament vigent suposaria un impacte negatiu molt important, sobretot en les dimensions més relacionades amb l'ecologia del paisatge. Per contra, els escenaris alternatiu (S2) i potencial (S3), en què es recuperaria superfície agrícola, són particularment favorables en termes de la circularitat de fluxos metabòlics, la producció agrícola i els llocs de treball, però també en l'augment d'emissions de gasos d'efecte hivernacle. Pel que fa a una transició ecològica, aquesta seria

Figura 4. Anàlisi multicriteri entre els diversos escenaris de planejament territorial (S0, S1, S2 i S3)¹ i de gestió agrària (convencional vs orgànica) a l'Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB), segons els indicadors de l'Anàlisi Socioecològica Integrada (SIA)²



¹ Escenaris de planejament territorial: S0 = escenari actual, S1 = escenari tendencial, S2 = escenari alternatiu, S3 = escenari potencial), sota gestió convencional i orgànica a l'Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB).

² Indicadors del model SIA: A1A Eficiència energètica; A1B Consum d'aigua; A1C Aproximació de biomassa; B1 Integració energia-paisatge; C1 Complexitat del paisatge; D1 Emissions de gasos d'efecte hivernacle; E1A Recirculació de nutrients; E1B Estoc de carboni; E1C Producció agrícola; F1 Llocs de treball.

molt efectiva en la recirculació de nutrients i en la generació de nous llocs de treball, però ho seria en menor mesura en altres dimensions, com ara la reducció d'emissions de gasos d'efecte hivernacle. L'efecte del maneig orgànic seria especialment negatiu en termes d'eficiència energètica i de caiguda de la producció agrícola.

3.3. Funcionament dels espais oberts dins el sistema socioecològic metropolità

S'avalua la correspondència entre els criteris estructurals de la delimitació dels espais oberts plantejada en aquest estudi (Taula 1) i la seva funcionalitat a nivell de cadascuna de les dimensions de la contribució de la infraestructura verda al conjunt del sistema metropolità (Figura 5). Anàlisis addicionals (ARLM) reforcen la contribució de les categories dels espais oberts al funcionament i els serveis que aporta la infraestructura verda i el seu rol en una possible transició socioecològica (vegeu La Rota-Aguilera et al., 2020 per a una explicació en detall).

Els espais oberts que constituïen la infraestructura verda de l'AMB es poden descriure a partir de dos factors derivats de la SIA (vegeu Padró et al. 2020 per a una anàlisi en profunditat): 'fluxos metabòlics i eficiència del sistema' (Factor 1) i 'estructura i funcionament de la matriu territorial' (Factor 2). El Factor 1 agrupa els indicadors associats a: *Eficiència energètica* (A1A), *Aproximació de biomassa* (A1C), *Emissions de gasos d'efecte hivernacle* (D1) i *Producció agrícola* (E1C). El Factor 2 agrupa els indicadors corresponents a: *Estoc de carboni* (E1B), *Complexitat paisatgística* (C1) i *Interacció energia-paisatge* (B1).

La Figura 5 representa gràficament l'Anàlisi Exploratori de Factors (AEF). Les *Àrees agrícoles especialitzades* (AAE), les *Àrees de mosaic o en transició* (AMT), les *Àrees intersticials* (AIN) i les *Àrees fluvials* (AFL) contribueixen a una millor eficiència del sistema (Factor 1). Les *Àrees nucli de conservació* (ANC) presenten una relació negativa amb el Factor 1, igual que les *Àrees construïdes - Espai no obert* (ENO) i les *Àrees enjardinades o restaurades* (AER). Pel que fa les categories ANC i AMT, aquestes estan associades de ma-

nera positiva amb 'estructura i funcionament de la matriu territorial' (Factor 2). En canvi, AER i ENO tenen una relació negativa amb el Factor 2.

En resum, les *Àrees nucli de conservació* (ANC) serien clau per al funcionament de la matriu territorial, les *Àrees agrícoles especialitzades* (AAE) per als fluxos metabòlics, i les *Àrees de mosaic o en transició* (AMT) per a tots dos alhora (Figura 5). Aquestes darreres categories tenen un paper mixt que, en termes relatius, és més positiu per al funcionament del paisatge que per a l'obtenció de cicles metabòlics, posant en relleu que els mosaics agro-silvo-pastorals aconsegueixen una funció múltiple i complexa.

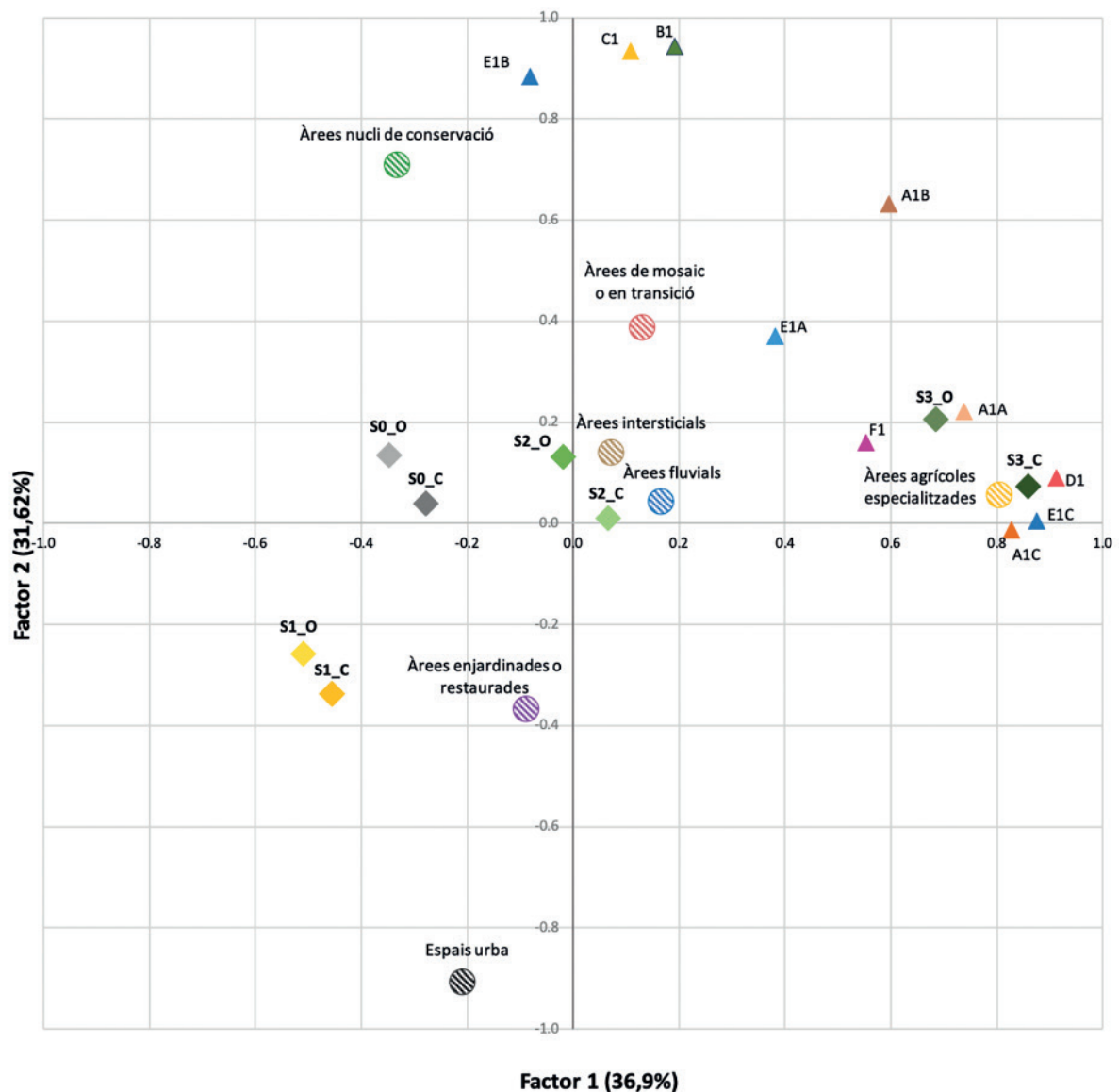
3.4. Contribució de les categories d'espais oberts als valors dels indicadors SIA

Les *Àrees agrícoles especialitzades* (AAE) contribueixen en major proporció a l'*Eficiència energètica* (A1A), seguides de les *Àrees fluvials* (AFL) i les *Àrees intersticials* (AIN). En els escenaris amb gestió orgànica aquesta contribució és més petita. Les *Àrees de mosaic o en transició* (AMT) mostren una major relació amb aquest indicador, especialment sota gestió orgànica, més que no pas amb la convencional. Aquest element posa en relleu que una transició ecològica és particularment favorable en els espais en mosaic, els quals històricament han mantingut un funcionament més complex i eficient dels recursos naturals.

El *Consum d'aigua* (A1B) depèn majoritàriament de les *Àrees agrícoles especialitzades* (AAE), en ser aquestes els espais oberts que més consum d'aigua de l'AMB presenten, així com les *Àrees enjardinades o restaurades* (AER). L'*Aproximació de biomassa* (A1C), que es relaciona amb les *Àrees agrícoles especialitzades* (AAE) i, en menor mesura, amb les *Àrees fluvials* (AFL), és menor en escenaris orgànics per a tots els espais agrícoles, on els rendiments productius disminueixen (vegeu l'indicador E1C), amb uns majors efectes d'aquesta reducció per a les AAE.

Pel que fa a la *Integració energia-paisatge* (B1), les *Àrees de mosaic o en transició* (AMT) són les més rellevants, juntament amb les *Àrees fluvials* (AFL) i les

Figura 5. Anàlisi Exploràtoria de Factors (AEF). Categories d'espais oberts respecte dels factors principals (entre parèntesis es mostra la variància explicada). S'hi inclouen els escenaris de planejament territorial i gestió agrària (convencional vs orgànica)¹ i els indicadors de l'Anàlisi Socioecològica Integrada (SIA)² a l'Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB).



¹ Escenaris de planejament: S0 Escenari actual, S1 Escenari tendencial, S2 Escenari alternatiu, S3 Escenari potencial, sota gestió convencional (_C) i orgànica (_O).

² Indicators del model SIA: A1A Eficiència energètica; A1B Consum d'aigua; A1C Aproximació de biomassa; B1 Integració energia-paisatge; C1 Complexitat del paisatge; D1 Emissions de gasos d'efecte hivernacle; E1A Recirculació de nutrients; E1B Estoc de carboni; E1C Producció agrícola; F1 Llocs de treball.

Àrees intersticials (AIN), especialment en escenaris orgànics. Els resultats no descriuen una relació significativa entre aquest indicador i les Àrees nucli de conservació (ANC), reforçant l'estratègia de conservació *land sharing* (Fischer et al., 2014), segons la qual els espais intervinguts amb nivells de perturbació intermèdia (com ara els mosaics agroforestals) presenten condicions favorables per a la biodiversitat en paisatges bioculturals com els de la Mediterrània. L'efecte de les Àrees enjardinades o restaurades (AER) i les Àrees construïdes - Espais no oberts (ENO) disminueixen en major mesura la *Complexitat del paisatge* (C1), mentre que les Àrees nucli de conservació (ANC) i les Àrees intersticials (AIN) tenen un paper moderat en aquesta dimensió.

La contribució més elevada dels espais oberts a les *Emissions de gasos d'efecte hivernacle* (D1) la mostren les Àrees agrícoles especialitzades (AAE), seguides en una mesura molt menor, de les Àrees fluvials

(AFL), on els cultius acostumen a ser de regadiu. Les Àrees de mosaic o en transició (AMT) i les Àrees intersticials (AIN) mostren una menor contribució a aquest indicador. Els percentatges de *Recirculació de nutrients* (1A) són, en general, majors en les Àrees intersticials (AIN), les Àrees fluvials (AFL) i les Àrees en mosaic o transició (AMT) dels escenaris orgànics. Al contrari, a causa de la intensitat en l'ús dels recursos del sòl, les AAE tenen els valors més baixos. Els espais oberts que contribueixen més a l'*Estoc de carboni* (E1B) són les Àrees nucli de conservació (ANC), seguides de les Àrees de mosaic o en transició (AMT) i, molt per darrere, de les Àrees agrícoles especialitzades (AAE).

Les zones més productives són les Àrees agrícoles especialitzades (AAE), però a continuació ho són aquells espais fluvials que també generen una major *Producció agrícola* (E1C). L'única diferència rellevant entre els escenaris amb maneig convencional i els or-

gànics es troba a les AAE, mostrant així que són aquestes les més afectades per una transició ecològica, ja que disposen d'una major resiliència les que es troben en combinacions mixtes (com són les àrees de mosaic, les fluvials o les intersticials). Finalment, les *Àrees agrícoles especialitzades* (AAE), seguides de les *Àrees intersticials* (AIN), les *Àrees de mosaic o en transició* (AMT) i les *Àrees fluvials* (AFL), són les que més *Llocs de treball* (F) agrícoles generen. En el cas dels escenaris orgànics, la relació entre els llocs de treball i els diversos espais agrícoles és més forta i positiva en AAE. En els altres espais oberts agrícoles, els llocs de treball augmenten considerablement (fins a un 30%) en escenaris orgànics.

4. Conclusions

Els resultats d'aquest treball reforcen el plantejament que la infraestructura verda és un element estructural i funcional essencial del sistema metropolitana. L'establiment de diverses categories d'espais oberts permet aprofundir en la comprensió de la interrelació socioecològica entre els diversos components de la infraestructura verda, en la qual cadascuna de les categories d'espais oberts té un paper diferencial i complementari. Aquest rol dels espais oberts per tal de garantir la funcionalitat del territori i la provisió de serveis ecosistèmics a la societat es pot desgranar a partir d'una perspectiva multicriterial, multiescalar i sistèmica, mitjançant una Anàlisi Socioecològica Integrada (SIA), facilitant la cohesió i la integració adequada dels espais oberts dins d'una infraestructura verda operativa a l'Àrea Metropolitana de Barcelona.

L'elaboració de quatre escenaris teòrics ha permès analitzar de forma temptativa les conseqüències paisatgístiques i metabòliques de l'adopció de diferents formes de planejament territorial i de gestió agrària, amb l'objectiu d'avançar cap a una transició socioecològica a l'Àrea Metropolitana de Barcelona. En aquest sentit, es posa en relleu que limitar-se al compliment de les regulacions existents per a la producció agrària orgànica (CCPAE) no és suficient perquè una transició socioecològica afavoreixi dimensions tan importants per al progrés sostenible de les metròpolis com ara la mitigació del canvi climàtic o la millora de l'eficiència energètica. Per tal d'assolir una millora significativa en la prestació de serveis ecosistèmics caldria promoure formes d'agricultura agroecològica a l'Àrea Metropolitana.

Així doncs, aquest treball ha posat de manifest la contribució actual i potencial de l'estructura funcional del paisatge metropolitana per avançar cap a una transició socioecològica mitjançant nous criteris i eines d'anàlisi que faciliten una avaluació sistèmica del territori. El model metabòlicoterritorial utilitzat (SIA) contribueix a la comprensió del funcionament d'un sistema territorial tan complex com és el metropolitana de Barcelona, per mitjà de la identificació d'elements crítics i estratègics per transitar cap a una economia més circular i sostenible.

5. Referències

BARTESAGHI KOC, C.; OSMOND, P.; PETERS, A. (2017). «Towards a comprehensive green infrastructure ty-

pology: a systematic review of approaches, methods and typologies». *Urban Ecosystems*, 20:15-35.

BENEDICT, M. A.; McMAHON, E. T. (2002). «Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century». *Renewable Resource Journal*, (Autumn):12-17.

CATALAN COUNCIL OF ORGANIC PRODUCTION – CCPAE (2017). *Ecological agriculture statistical book*. Retrieved from: <http://www.ccpae.org/docs/estadistiques/espanya2017.pdf> on: August 2019.

CENTRE DE RECERCA ECOLÒGICA I APLICACIONS FORESTALS – CREA (2019). *Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya*.

DE PONTI, T.; RIJK, B.; VAN ITTERSUM, M. K. (2012). «The crop yield gap between organic and conventional agriculture». *Agricultural Systems*, 108:1-9.

DOBLAS-MIRANDA, E.; ROVIRA, P.; BROTONS, LL. et al. (2013). «Soil Carbon Stocks and Their Variability across the Forests, Shrublands and Grasslands of Peninsular Spain». *Biogeosciences*, 10(12):8353-61.

EUROPEAN COMMISSION (2007). *European Organic Regulations (EC)*. No 834/2007. Brussel·les: European Commission.

EUROPEAN COMMISSION (2008). *European Organic Regulations (EC)*. No 1235/2008. Brussel·les: European Commission.

EUROPEAN COMMISSION (2013). *Green infrastructure (GI) — enhancing Europe's natural capital*. Brussel·les: European Commission.

FISCHER, J.; ABSON, D. J.; BUTSIC, V. et al. (2014). «Land sparing versus land sharing: moving forward». *Conservation Letters*, 7(3):149-157.

GIACOLI, A. (2017). «L'activitat agrària a l'àrea metropolitana de Barcelona: reptes i oportunitats per al planejament urbanístic des d'una visió agroecològica», en: TENDERO, G. (coord.). *La ciutat agrària. Agricultura urbana i sobirania alimentària*. Xarxa de Consum Solidari / Aliança per la Sobirania Alimentària de Catalunya, pàg. 81-96.

HABERL, H.; FISCHER-KOWALSKI, M.; KRAUSMANN, F. et al. (2011). «A socio-metabolic transition towards sustainability? Challenges for another Great Transformation». *Sustainable Development*, 19(1):1-14.

INSTITUT D'ESTADÍSTICA DE CATALUNYA – IDESCAT (2019). *Anuari Estadístic de Catalunya 2019*.

LA ROTA-AGUILERA, M. J.; PADRÓ, R.; PINO, J. et al. (2020). «Espais oberts i transició socioecològica de l'Àrea Metropolitana de Barcelona: noves eines d'anàlisi per una planificació territorial sostenible». *Anuari Metropolità de Barcelona. La metròpoli en transició. Reptes i estratègies*.

MARCO, I.; PADRÓ, R.; CATTANEO, C. et al. (2017). «From Vineyards to Feedlots: A Fund-Flow Scanning of Sociometabolic Transition in the Vallès County (Catalonia) 1860–1956–1999». *Regional Environmental Change*, 18(4):981-993.

- MARULL, J.; MALLARACH, J. M. (2005). «A GIS methodology for assessing ecological connectivity: Application to the Barcelona Metropolitan Area». *Landscape and Urban Planning*, 71(2-4):243-262.
- MARULL, J.; PINO, J.; TELLO, E. et al. (2008). «El tratamiento del territorio como sistema: Criterios ecológicos y metodologías paramétricas de análisis». *Ciudad y Territorio*, 157:439-453.
- MARULL, J.; FONT, C.; PADRÓ, R.; TELLO, E.; PANAZZOLO, A. (2016). «Energy-Landscape Integrated Analysis: A proposal for measuring complexity in internal agroecosystem processes (Barcelona Metropolitan Region, 1860-2000)». *Ecological Indicators*, 66:30-46.
- MARULL, J.; PADRÓ, R.; CIRERA, J. et al. (2019a). «Cap a una anàlisi socioecològica integrada de la infraestructura verda metropolitana». *Anuari Metropolità de Barcelona 2018. Del barri a la metròpoli*. Bellaterra: Institut d'Estudis Regionals i Metropolitans de Barcelona.
- MARULL, J.; HERRANDO, S.; BROTONS, LL. et al. (2019b). «Building on Margalef: Testing the links between landscape structure, energy and information flows driven by farming and biodiversity». *Science of the Total Environment*.
- MARULL, J.; PADRÓ, R.; CIRERA, J. et al. (2021). «A socio-ecological integrated analysis of the Barcelona metropolitan agricultural landscapes». *Ecosystem Services*, 51:101350.
- PADRÓ, R.; MARCO, I.; CATTANEO, C. et al. (2017). «Does Your Landscape Mirror What You Eat? Long-Term Socio-Metabolic Analysis of a Local Food System in the Vallès County (Spain, 1860-1956-2000)», en: Frankova, E.; Haas, W.; Singh, S. J. (eds.). *In search of sustainable local food systems: Socio-metabolic perspectives*. Nova York: Springer.
- PADRÓ, R.; MARULL, J.; GIOCOLI, A. et al. (2019). «Anàlisi Socioecològica Integrada: aplicació al planejament del territori metropolità». *Anuari Metropolità de Barcelona 2018. Del barri a la metròpoli*. Bellaterra: Institut d'Estudis Regionals i Metropolitans de Barcelona.
- PADRÓ, R.; LA ROTA-AGUILERA, M. J.; GIOCOLI, A. et al. (2020). «Assessing the sustainability of contrasting land use scenarios through the Socioecological Integrated Analysis (SIA) of the metropolitan green infrastructure in Barcelona». *Landscape and urban planning*, 203:103905.
- SEUFERT, V.; RAMANKUTTY, N.; FOLEY, J. A. (2012). «Comparing the yields of organic and conventional agriculture». *Nature*, 485(7397):229.
- TELLO, E.; GALÁN, E.; SACRISTÁN, V. et al. (2016). «Opening the Black Box of Energy Throughputs in Agroecosystems: A Decomposition Analysis of Final EROI into Its Internal and External Returns (the Vallès County, Catalonia c. 1860 and 1999)». *Ecological Economics*, 121:160-174.