

Projecte 6.2.1

Suport a l'avaluació d'escenaris del Pla Director Urbanístic

Cap a una transició socioecològica de la infraestructura verda

**Laboratori Metropolità
d'Ecologia i Territori de Barcelona**



Desembre 21 de 2020

ÍNDEX

PART I: INTRODUCCIÓ	5
PLANTEJAMENT CONCEPTUAL	8
PART II: METODOLOGIA	12
1. BASE DE DADES DEL MODEL METABÒLIC	14
2. ESTRUCTURA CONCEPTUAL DEL BALANÇ METABÒLIC	14
3. SUPERFÍCIES CONSIDERADES	15
3.1 COMPOSICIÓ DELS USOS DEL SÒL	16
4. PRODUCCIÓ DE BIOMASSA I REUTILITZACIÓ DE LLAVORS	18
4.1 PRODUCCIÓ AGRÍCOLA	18
4.2 LLAVORS	18
4.3 PRODUCCIÓ FORESTAL I MATOLLAR	19
5. BIOMASSA NO RECOL·LECTADA	19
6. RESIDUS VEGETALS	20
7. RAMADERIA: QUANTITAT I PRODUCCIÓ	21
7.1 UNITATS RAMADERES	21
7.2 PRODUCCIÓ RAMADERA ESTIMADA	23
8. DIETES ANIMALS	24
8.1 POTENCIAL CONSUM DE PASTURA D'OVELLES I CABRES I DIETES DELS ANIMALS	24
8.2 LLITS ANIMALS	24
8.3 BALANÇ MUNICIPAL	24
9. MANTENIMENT DELS CICLES BIOGEOQUÍMICS	25
9.1 PRODUCCIÓ I COMPOSICIÓ DE L'EXCRETA DISPONIBLE	25
9.2 DISPONIBILITAT PER A L'ENTERRAMENT	26
9.3 REQUERIMENTS PER CULTIU I MUNICIPI	27
9.4 BALANÇ DE NUTRIENTS PER COBERTA I MUNICIPI	28
10. IMPORTACIONS EXTERNES	31
10.1 FERTILITZANTS	31

10.2	HERBICIDES I PESTICIDES	32
10.3	MAQUINÀRIA	32
10.4	DISTRIBUCIÓ D'AIGUA	34
10.5	TREBALL	34
10.6	ENERGIA DE LA IMPORTACIÓ DE PINSOS	36
10.7	CONSUM ENERGÈTIC DE LES INFRAESTRUCTURES	37
10.8	HIVERNACLES	38
11.	EMISSIONS DE GASOS D'EFFECTE HIVERNACLE	38
11.1	MAQUINÀRIA	39
11.2	CREMA DE BIOMASSA	39
11.3	FERTILITZANTS	40
11.4	FITOSANITARIS	40
11.5	AIGUA	40
11.6	HIVERNACLES	41
11.7	FIXACIÓ AL SÒL	41
11.8	BALANÇ DE N ₂ O	42
12.	RETERRITORIALITZACIÓ: BALANÇ ENERGÈTIC	43
13.	BALANÇ HÍDRIC	47
13.1	DADES METEOROLÒGIQUES DE PARTIDA	49
13.2	MAPES DE DADES METEOROLÒGIQUES	51
13.3	MAPES DE COEFICIENTS D'ESPÈCIE MENSUALS	52
13.4	EVAPOTRANSPIRACIÓ POTENCIAL I FLUXOS DE PARTIDA	53
13.5	BALANÇ HÍDRIC	54
13.6	REPRESENTACIÓ I SORTIDA DELS RESULTATS	57
18.	EMBORNAL DE CARBONI	58
18.1	CREACIÓ DEL MAPA DE COBERTES I ESQUEMA DE CÀLCUL	58
18.2	CARBONI ORGÀNIC ALS SÒLS AGRÍCOLES	59
18.3	CARBONI ORGÀNIC ALS SÒLS FORESTALS	61
18.4	CARBONI ORGÀNIC AERI I A LES ARRELS DE CULTIUS LLENYOSOS	65

18.5	CARBONI ORGÀNIC AERI EN SÒLS NO AGRÍCOLES	68
18.6	CARBONI ORGÀNIC EN LES ARRELS DE BOSCOS I MATOLLARS I EN LA CAPA ORGÀNICA	69
18.7	CARBONI ORGÀNIC TOTAL EN ESTOC	71
19.	ACTUALITZACIÓ DEL BALANÇ. ESCENARIS DE COBERTES.....	72
20.	EXTRACCIÓ DE RESULTATS	73
20.1	OBTENCIÓ DELS INDICADORS.....	73
20.2	PAS DE COBERTES A CEL·LES	74
20.3	DADES PEL SISTEMA DE SUPORT A LA PLANIFICACIÓ.....	75
20.4	REPRESENTACIÓ DELS INDICADORS.....	75
PART III:	RESULTATS I DISCUSIÓ	76
20.5	APLICACIÓ DELS INDICADORS PRINCIPALS DEL SIA	76
20.6	ANÀLISI MULTI-CRITERI DELS ESCENARIS	87
	BIBLIOGRAFIA.....	90
	PARTS I - II.....	90
	PART III	93

PART I: INTRODUCCIÓ

A finals del 2020 és impossible no esmentar la pandèmia de la COVID-19, la qual ha posat en evidència, per si algú encara ho dubtava, l'enorme desequilibri en les relacions entre natura i societat, així com les seves catastròfiques conseqüències sobre les nostres esferes socials, econòmiques i culturals. La comunitat científica porta dècades alertant sobre els impactes de les activitats humanes sobre la biosfera (Tilman et al., 2001; Cardinale et al., 2012; Tschamtker et al., 2012; Molotoks et al. 2018; Pastor et al. 2019). En l'àmbit local, les xifres de l'informe més recent sobre l'Estat de la Natura a Catalunya 2020 (Brotons et al., 2020) reporten una reducció del 25% de la biodiversitat a Catalunya en els darrers divuit anys, on tres de les cinc principals causes d'aquesta tendència tan esfereïdora (estem parlant d'una quarta part de les poblacions) són d'especial rellevància per a l'àrea metropolitana de Barcelona i, per tant, pels objectius de planejament sostenible d'aquest territori. En primer lloc, els canvis en els usos de sòl associats a l'ordenació del territori comporten una fragmentació dels espais oberts, impactant en la connectivitat ecològica i la funcionalitat dels ecosistemes (Marull et al., 2010; Marull et al., 2019; Tello et al. 2020; Padró et al. 2020). En segon lloc, el canvi climàtic resultant dels models de producció i consum, inclòs l'agrícola, altament basats en energies no renovables, impliquen un augment en les emissions de gasos d'efecte hivernacle (Bennetzen et al., 2016), modificant els patrons climàtics i els consecuentes impactes en la distribució de les espècies, la disponibilitat de recursos naturals (aigua, biomassa) i el rendiment dels sistemes socioecològics (pesca, agricultura). I en tercer lloc, els canvis en el model agrari han comportat una important transformació estructural i funcional del paisatge, incloent-hi àrees agrícoles altament intensives, amb el consecuent augment en l'ús d'herbicides i pesticides, el desencaix territorial de la ramaderia, i la pèrdua dels mosaics agroforestals tan representatius de la nostra herència biocultural, que compleixen un paper fonamental tant en el manteniment de la biodiversitat com en la provisió de serveis ecosistèmics essencials per a la societat (Marull et al. 2015, Tello et al. 2020). En conseqüència, és evident que es requereixen polítiques públiques decidides a redreçar aquestes tendències clarament insostenibles que s'observen a la metròpoli de Barcelona (AMB en Xifres, 2020; <https://iermb.uab.cat/ca/amb-en-xifres/la-metropoli-en-100-indicadors-lamb-en-xifres-2019/>). Aquestes polítiques han de contemplar i prioritzar el tractament del territori metropolitana com a sistema socioecològic, el que exigeix una governança més transversal i democràtica. I això passa per configurar i mantenir una infraestructura verda metropolitana que afavoreixi la funcionalitat del paisatge i la biodiversitat, els serveis ecosistèmics i la mitigació i adaptació al canvi climàtic, la salut i el benestar social (European Commission, 2019).

El desenvolupament urbà a les àrees metropolitanes ha provocat la pèrdua d'àrees naturals, la fragmentació del paisatge, la degradació dels recursos naturals, la disminució dels serveis ecosistèmics i una reducció de la capacitat de la natura per a respondre als canvis globals antròpics (Antrop, 2004; Calvo-Iglesias et al., 2006; Tratalos et al., 2007). Simultàniament, aquest creixement metropolitana ha augmentat el cost dels serveis públics

per tal de mantenir certes funcions bàsiques que hauria de proveir la infraestructura verda i que requereix la societat (Benedict i McMahon, 2002; Tzoulas et al., 2007; Sandifer et al. 2015). Tot i que la zona urbanitzada a la Unió Europea ocupa menys del 5% de la superfície total (UN, 2018), els seus impactes sobre el territori són considerables: més del 25% dels territoris europeus experimenten disfuncionalitats en els seus processos ecològics i paisatgístics (Piorr et al. 2011). I es calcula que aquests impactes augmentaran fins al 84% dels territoris europeus el 2050 (Rueda 1997; Piorr et al., 2011; UN 2018). En aquest sentit, avançar cap a àrees metropolitanes capaces de conciliar l'activitat econòmica, el benestar social i el funcionament ecològic del seu territori hauria de ser una prioritat per a la planificació de les xarxes de ciutats a Europa, d'acord amb els objectius de desenvolupament sostenible de les Nacions Unides per al 2030 (UN, 2016).

Durant les darreres dècades, els enfocaments de governança multidimensionals i multiescala s'han convertit en importants eines de presa de decisions per a la planificació del territori, especialment a les àrees metropolitanes. No obstant això, molts d'aquests models segueixen superposant un enfocament d'economia ambiental a un d'economia ecològica, que condueix a una priorització del creixement econòmic com a criteri clau per als decisors (Thomas i Littlewood, 2010). L'adopció del paradigma de l'economia ecològica permetrà als planificadors del territori aprofundir en la no commensurabilitat i centrar-se en nombroses funcions i serveis a mantenir, i quin valor no s'hauria de reduir a un de monetari, tal com proposen les anàlisis cost-benefici (Martínez-Alier et., 1998). Paral·lelament, un dels principals reptes de les futures metròpolis serà proporcionar aliments a la seva població i, al mateix temps, contribuir a una economia més circular. En aquest sentit, a través de la revolució verda, les activitats agràries occidentals transformaren el seu funcionament, resultant en nombroses ineficiències impulsades pels combustibles fòssils (Gingrich et al. 2017; Marull et al. 2019). Per tant, tot i que hi ha una tendència creixent que defensa la necessitat d'una transició agroecològica, és necessari desenvolupar metodologies destinades a comprendre la seva viabilitat i els seus impactes des d'una anàlisi multicriteri, per a entendre millor els seus potencials i mancances (Padró et al., 2020). Això representa un repte no gens menor, tant per als planificadors del territori com per a la comunitat científica, per tal d'avaluar les sinergies ecològiques i socials, més la viabilitat econòmica d'aquesta transició.

En aquest sentit, el planejament d'una transició agroecològica, com a element clau d'una veritable infraestructura verda metropolitana, hauria de tenir, com a mínim, quatre objectius essencials: i) reduir al mínim les aportacions externes no renovables (fertilitzants, pesticides, etc.) (Tello et al., 2016); ii) optimitzar els fluxos d'energia i matèria entre la producció d'aliments i la ramaderia a escala de paisatge (economia circular) (Tello i González de Molina, 2017); iii) enfortir l'autonomia de les granges promovent la diversificació funcional i la biodiversitat mitjançant la implementació de pràctiques sostenibles (Marull et al., 2016); iv) enfortir les adaptacions al canvi climàtic i contribuir a polítiques d'emissions nul·les (Aguilera et al. 2015). En conseqüència, és essencial disposar d'un model metabòlic-territorial que permeti un planejament dels usos del sòl en relació

al metabolisme social (energia, aigua, matèria). Una economia més circular permetrà el manteniment de la biodiversitat i els serveis ecosistèmics (suport, regulació, aprovisionament), la mitigació i adaptació al canvi climàtic i el benestar de la població, tot configurant una metròpolis més resilient i sostenible.

Durant els darrers tres anys, el Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona (LET; <https://iermb.uab.cat/ca/let-bcn/>) ha desenvolupat, conjuntament amb tècnics del Pla Director Urbanístic (PDU) de l'àrea metropolitana de Barcelona, una nova metodologia anomenada Anàlisi Socioecològica Integrada (SIA pel seu acrònim en anglès). El SIA és un model metabòlic-territorial que avalua la contribució de les diferents dimensions socioecològiques de la infraestructura verda al sistema metropolità (rendiment metabòlic -energia, aigua, matèria-, conservació de la biodiversitat, funcionament del paisatge, canvi climàtic, serveis ecosistèmics -suport, regulació, aprovisionament- i cohesió social), i permet analitzar la interacció entre aquestes dimensions per tal d'identificar els canvis previsibles segons diversos escenaris de planejament (considerant tant canvis en els usos del sòl com en el metabolisme). Aquesta aproximació facilita el tractament del territori com a sistema socioecològic i una governança més transversal i democràtica en els processos de decisió.

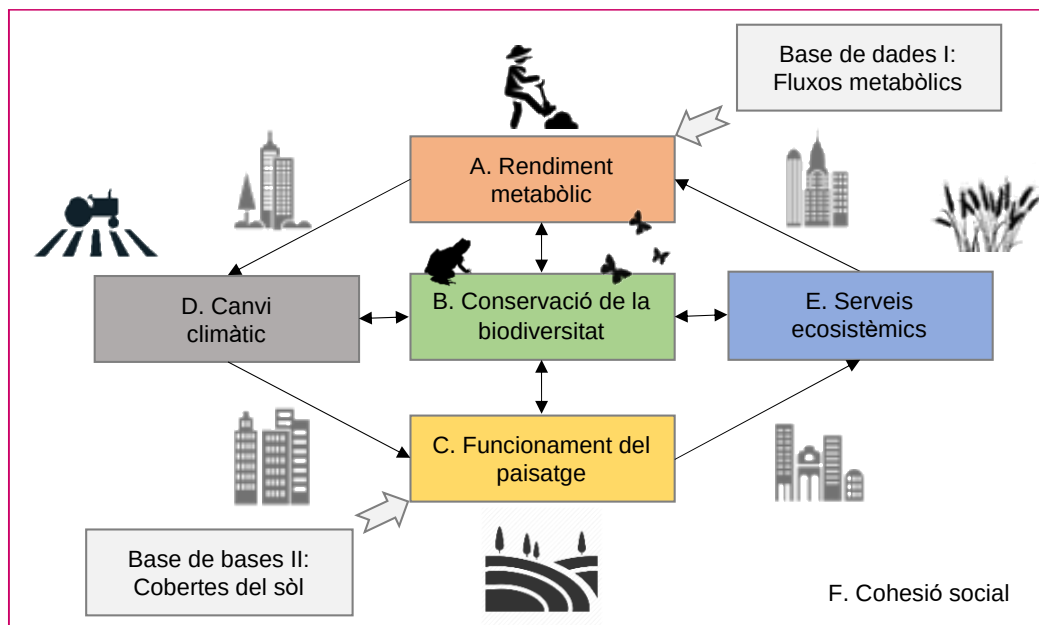
Amb l'objectiu de donar assessorament al PDU en la redacció de l'Estudi Ambiental Estratègic del Pla i explorar horitzons factibles, viables i desitjables en la planificació urbanística i territorial de l'àrea metropolitana de Barcelona, aquest treball, realitzat durant 2020, ha consistit en validar, calibrar i millorar el model SIA. S'han inclòs dues noves dimensions (metabolisme hídric i apropiació de biomassa) en el model metabòlic-territorial (pasant de 8 a 10 dimensions). D'especial interès ha estat incloure els nous indicadors de consum d'aigua i d'emissions de gasos d'efecte hivernacle, que interactuen estretament amb la resta d'indicadors del model. A més, s'han avaluat amb el model SIA millorat quatre escenaris teòrics de plantejament determinats per diferents configuracions de cobertes del sòl definides pel PDU, cadascuna d'elles avaluades sota dos tipologies de gestió agrària (convencional i ecològica - seguint les recomanacions del Consell Català de la Producció Agrària Ecològica – CCPAE). Per tant, s'han avaluat un total de vuit escenaris (quatre configuracions de cobertes del sòl, cadascuna amb dos tipologies de gestió) mitjançant el model SIA adaptat a 10 dimensions (veure figura 2, Part II). Aquesta validació, calibració, millora i aplicació del SIA en vuit escenaris teòrics definits conjuntament amb el PDU ha permès posar a punt el model per a l'avaluació dels escenaris que finalment s'incorporin a l'Estudi Ambiental Estratègic del Pla, el que es preveu realitzar durant l'any 2021.

El document que teniu a mans consta de tres parts: La Part I inclou aquesta introducció, així com el plantejament conceptual del SIA i dels indicadors seleccionats. La Part II constitueix la part central d'aquest Informe ja que es descriu, de forma detallada, el procediment metodològic per a calcular els indicadors del SIA. Finalment, la Part III presenta els resultats obtinguts i es fa una discussió en relació als objectius plantejats per al 2020.

PLANTEJAMENT CONCEPTUAL

El model SIA és un model d'integració entre metabolisme social i ecologia del paisatge amb capacitat de territorialització dels seus valors per tal d'observar com diferents escenaris d'usos del sòl o tipologies de maneig agrari (es considera la producció convencional actual i una potencial producció en ecològic que compleixi els criteris del CCPAE) suposen canvis en la contribució que fa la infraestructura verda al conjunt del sistema socioecològic de l'àrea metropolitana de Barcelona. L'objectiu del SIA és arribar a identificar el canvi en aquesta contribució que vindria derivat dels diferents escenaris (quatre configuracions de cobertes del sòl, cadascuna amb dos tipologies de gestió), centrant l'anàlisi en 6 dimensions diferents (veure figura 1): A. Rendiment metabòlic, B. Conservació de la biodiversitat, C. Funcionament del paisatge, D. Canvi climàtic, E. Serveis Ecosistèmics i F. Cohesió social.

Figura 1. Esquema conceptual de la contribució dels espais oberts en el sistema socioecològic metropolità. A. Rendiment metabòlic; B. Conservació de la biodiversitat; C. Funcionament del paisatge; D. Canvi climàtic; E. Serveis ecosistèmics; F. Cohesió social. Es destaca la importància de la infraestructura verda per a estructurar funcionalment la xarxa de ciutats.



En el cas del rendiment metabòlic -energia, aigua i matèria- i dels serveis ecosistèmics -suport, regulació, provisió- existeix més d'un indicador donada la seva contribució en diverses sub-dimensions (taula 1). La selecció dels indicadors s'ha fet partint del coneixement expert en la gestió del territori i garantint que cadascun dels indicadors té relació amb la resta a través del balanç metabòlic o bé dels usos del sòl, assegurant així que canvis en els usos del sòl o en la tipologia de gestió es puguin observar en totes les dimensions. Aquest plantejament permet una avaluació socioecològica integrada d'escenaris de planejament.

Taula 1. Esquema metodològic de l'anàlisi multi-criteri per avaluar quantitativament la contribució la infraestructura verda en la qualitat de sistema socioecològic metropolità. Dimensions, sub-dimensions i indicadors principals.

	Dimensió / sub-dimensió		Indicador principal	Descripció
Anàlisi Socioecològica Integrada (SIA)	A Rendiment metabòlic	AA Energia	A1A Eficiència energètica	Mesura la quantitat d'energia obtinguda en els espais agrícoles segons la quantitat d'energia externa invertida (Tello et al. 2016)
		AB Aigua	A1B Consum d'aigua	Estima la quantitat teòrica d'aigua utilitzada per la infraestructura verda metropolitana durant l'any 2015.
		AC Matèria	A1C Apropiació de biomassa	Estima el Percentatge de productivitat primària neta real (NPPact) que ha estat apropiat per les activitats humanes (NPPharv).
	B Conservació la biodiversitat		B1 Integració energia-paisatge	Avalua les condicions per 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	Valora els patrons i processos del paisatge a partir l'heterogeneïtat d'usos i la connectivitat ecològica (Marull i Mallarach, 2005)
	D Canvi climàtic		D1 Emissions de gasos d'efecte hivernacle	Avalua la contribució de l'agricultura a l'escalfament global a través de les emissions de gasos d'efecte hivernacle (Ton CO ₂ eq).
	E Serveis ecosistèmics	EA Regulació	E1A Recirculació de nutrients	Estima la quantitat de fòsfor que recircula dins del sistema agrícola en interacció amb la resta d'usos i la ramaderia (Marco et al. 2017)
		EB Suport	E1B Estoc de carboni	Mesura la quantitat total de carboni (sòls, arrels i estructures llenyoses aèries) emmagatzemat als espais oberts (Doblas-Miranda et al. 2013)
		EC Aprovisionament	E1C Producció agrícola	Produccions de cada coberta (horta, hivernacles, herbaci de secà i regadiu, fruiters de secà i regadiu, oliveres i vinya)
	F Cohesió social		F1 Llocs de treball	Caracteritza el potencial d'Unitats de Treball Agrari (UTA) que es requereix el manteniment dels espais oberts (Padró et al. 2017)

A la Part II es poden trobar els procediments detallats per al càlcul dels 10 indicadors principals. En aquesta secció se'n fa un breu resum, destacant les definicions dels nous indicadors (A1B, A1C, D1) incorporats en aquesta versió millorada del model SIA desenvolupada durant el 2020.

La dimensió Rendiment metabòlic (A) es representa amb tres indicadors principals (dos d'ells nous *):

- Eficiència energètica (A1A). Mesura la quantitat d'energia obtinguda en els espais agrícoles segons la quantitat d'energia externa invertida (Tello et al., 2016). Valors més elevats d'A1A indiquen cultius que tenen un major retorn per unitat d'inversió.
- Consum d'aigua (A1B)*. Estima la quantitat teòrica d'aigua utilitzada per la infraestructura verda durant l'any 2015, basat en el càlcul de la Evapotranspiració Real (ETR) utilitzant models de balanç hídric. El seu càlcul es fonamenta en l'anàlisi del cicle de l'aigua al sistema agrari metropolità, i es calcula a nivell de coberta vegetal, considerant diferències climàtiques al territori, diferents precipitacions dins l'AMB durant l'any 2015, l'evapotranspiració de cada espècie vegetal, les diferents necessitats de reg, i la reserva d'aigua del sòl, entre altres variables (ver apartat 13 per a més detalls). Per tant, es proposa una metodologia ascendent (*bottom-up*) que avalua el consum d'aigua de la infraestructura verda metropolitana a partir de cada coberta del sòl. El potencial d'aquest indicador i la seva articulació al SIA és fonamental en el context d'emergència climàtica i planejament del cicle de l'aigua per l'AMB, ja que conèixer el metabolisme hídric de la infraestructura verda metropolitana és el primer pas per avaluar escenaris de canvi climàtic. Partint dels models del Servei Meteorològic de Catalunya (SMC), i considerant les cobertes del sòl de l'AMB es podran identificar complementaritats, compromisos i sinèrgies entre diferents subsistemes.
- Apropiació de la biomassa (A1C)*. Mesura el percentatge de productivitat primària neta que ha estat apropiat per la societat. Les activitats antròpiques impliquen una apropiació de biomassa vegetal, específicament a través de la modificació dels usos del sòl i l'aprofitament directe dels recursos naturals (agricultura, activitat forestal, etc.). Aquesta apropiació afecta la quantitat d'energia, en forma de biomassa, disponible per les altres espècies. D'aquesta manera, la colonització humana dels ecosistemes té grans impactes sobre les estructures de la biosfera (cobertes del sòl) i el seu funcionament (cicles biogeoquímics) a un grau que pot excedir la seva capacitat de càrrega (Crutzen and Steffen, 2003). El concepte d'apropriació humana de la producció primària neta (HANPP, per les seves sigles en anglès) (Vitousek et al., 1986; Haberl et al., 2007) ha estat proposat com un indicador de la intensitat d'ús dels recursos naturals per part de les societats, i mesura el grau en el qual les transformacions dels usos del sòl (aprofitament, collita) alteren la disponibilitat d'energia tròfica (biomassa) dels ecosistemes. Però més enllà de ser un indicador de la pressió sobre la biodiversitat, HANPP és un indicador que intrínsecament avalua les interaccions entre les formes de vida humanes i els fluxos de biomassa en els ecosistemes. L'indicador HANPPact, es defineix com el percentatge de productivitat primària neta actual (NPPact) que ha estat apropiat pels humans (NPPharv).

La dimensió Conservació de la biodiversitat (B) es representa amb l'indicador principal B1 que mesura la relació energia-informació-paisatge (Marull et al., 2016). B1 avalua les condicions socioecològiques per a l'establiment de la biodiversitat en territoris antropitzats, a partir dels patrons i processos del paisatge (Complexitat paisatgística –C1) i els fluxos del metabolisme agrari (Energia redistribuïda –A2, i Energia acumulada –A3). Valors elevats de B1 indiquen condicions adequades per a la biodiversitat (Marull et al., 2019).

La dimensió Funcionament del paisatge (C) es representa amb l'indicador principal C1 que és la complexitat paisatgística (Marull et al., 2016). C1 valora l'estructura funcional del paisatge (patrons i processos) a partir de la conjunció entre la connectivitat ecològica –C3 (Marull i Mallarach, 2005) i l'heterogeneïtat de les cobertes del sòl –C2 (Shannon i Weaver, 1949).

La dimensió Canvi climàtic (D) es representa amb l'indicador principal (nou en el model) Emissions de gasos d'efecte hivernacle (D1*). S'han identificat nombrosos vincles entre l'agricultura i el canvi climàtic en termes globals. Actualment, les emissions de GEH de l'agricultura contribueixen amb un 10% a les emissions totals de GEH de la Unió Europea (EC, 2018). El canvi climàtic pot afectar el rendiment econòmic mundial del sector de l'agricultura a través del seu impacte sobre la productivitat (Frank et al 2017), mentre que l'agricultura és un dels principals contribuents a l'escalfament global (Lipper et al 2014). La interacció canvi climàtic-agricultura inclouen problemes de pobresa i seguretat alimentària (Frank et al 2017). Conscient d'aquesta relació, el model SIA en la seva versió 2019 calculava el total d'entrades externes d'energia no renovable en el sistema agrícola (MJ / ha), com una aproximació indirecta a l'impacte de l'agricultura sobre el canvi climàtic. En aquesta nova versió 2020, l'indicador D1 ha estat modificat i ara es defineix com les emissions de gasos d'efecte hivernacle de l'agricultura metropolitana (Ton CO₂ eq). Per consegüent, l'indicador D1 avalua contribució potencial de la agricultura metropolitana a l'escalfament global. En aquesta versió, es calcula pel cas de l'agricultura metropolitana (no s'inclou la ramaderia), considerant maquinària i combustibles (fabricació, manteniment, operació, producció de combustible i combustió), fertilitzants (producció i transport), tractaments fitosanitaris (producció i transport) , crema de biomassa, balanç de carboni a l'sòl, infraestructura d'hivernacles, reg, emissions de N₂O del sòl i emissions indirectes de N₂O, segons la metodologia de Aguilera et al. 2018 (veure secció 11 per mes detall). S'espera per a l'any 2021 ampliar aquest indicador incorporant les activitats ramaderes i forestals que es donen en el sistema agrari de l'àrea metropolitana de Barcelona.

La dimensió Serveis ecosistèmics (EA) es caracteritza amb tres indicadors principals:

- Recirculació de nutrients (E1A). Representa els serveis ecosistèmics de suport. E1A mesura la quantitat de fòsfor que recircula dins del sistema agrícola entenentlo en interacció amb la resta d'usos i la

ramaderia. Valors elevats d'E1A suposen una alta capacitat del sistema per fer front al tancament de cicles de nutrients (veure secció 9).

- Estoc de carboni (E1B). Representa els serveis ecosistèmics de regulació. E1B mesura la quantitat total de carboni emmagatzemat al sistema agrari metropolità -que inclou conreus, pastues i boscos (veure secció 18).
- Producció agrícola (E1C). Representa els serveis ecosistèmics d'aprovisionament. Es calcula donada la seva predominança respecte a la resta de produccions (silvícola, ramadera) i el seu impacte territorial. Valors elevats de E1C mostren aquelles zones més productives en termes agrícoles de tota l'àrea (veure secció 4).

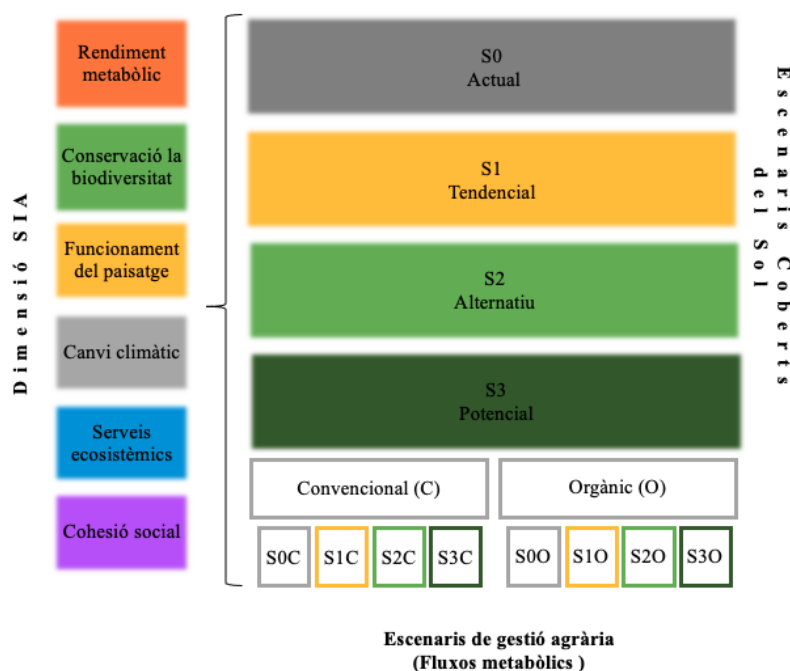
Finalment, la dimensió Cohesió social (F) es representa amb l'indicador principal Llocs de treball (F1). Aquest indicador caracteritza el potencial d'Unitats de Treball Agrari (UTA) completes que es requeririen per mantenir el sistema agrari de l'àrea metropolitana, el qual es pot aproximar a una mesura dels llocs de treball (Padró et al., 2017). Els cultius i activitats agràries més intensives en llocs de treball s'identifiquen amb valors majors d'F1, mentre que aquelles activitats més extensives en treball (o més mecanitzades) tindran valors més baixos.

PART II: METODOLOGIA

Partint de la conceptualització de la contribució dels espais oberts al sistema metropolità, el model SIA es caracteritza per una sèrie d'indicadors interrelacionats que avaluen quantitativament aquests efectes. Per avaluar els indicadors fem sobretot eines generades en el marc de l'economia ecològica i de l'ecologia del paisatge, així com la seva interacció. A la vegada, els indicadors proposats tenen la característica de que poden ser territorialitzats, fet que permet fer ús d'eines cartogràfiques a l'hora d'estimar i avaluar els processos socioecològics i encreuar-los amb altres variables d'interès.

Per tal d'aplicar SIA s'han definit quatre escenaris (actual E0, tendencial E1, alternatiu E2, i potencial E3) que compleixen en major o menor grau de les claus definides en el planejament urbanístic vigent (figura 2, taula 2). En un primer moment, aquests quatre escenaris de planejament són avaluats assumint les pràctiques agrícoles convencionals actuals (escenaris S0C, S1C, S2C, S3C). Addicionalment, per a cadascun d'aquests escenaris s'aplicaran les modificacions pertinents per generar escenaris teòrics de maneig orgànic de l'agricultura, seguint els criteris de l'CCPAE (escenaris S0O, S1O, S2O, S3O). El model SIA, i els seus 10 indicadors principals s'apliquen, per tant en un total de vuit escenaris teòrics de planejament.

Figura 2. Plantejament metodològic per a l'avaluació de vuit escenaris teòrics de planejament (quatre configuracions de cobertes del sòl, cadascuna amb dos tipologies de gestió agrària) amb el model Anàlisi Socioecològica Integrada (SIA).



Taula 2. Escenaris del Pla Director Urbanístic (PDU) de l'Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB) considerats en la Anàlisi Socioecològica Integrada (SIA) de la infraestructura verda.

Escenari	Descripció
E0. Actual	Mapa de cobertes del sòl 2015
E1. Tendencial	Planejament urbanístic vigent*
E2. Alternatiu	Com E1 però recuperant espais agroforestals en reserves de verd urbà, en alguns sectors a replantejar i en reserves de dotacions i serveis tècnics en SNU i SUND)
E3. Potencial	Com E2 però recuperant usos agrícoles fora d'àrees de planejament (segons estudi 1956)

* En les claus d'espais oberts (26, 27, 28, EL, etc.) es consideren cobertes del sòl actuals (mapa cobertes CREA 2015).

1. BASE DE DADES DEL MODEL METABÒLIC

Tota la informació corresponent als fluxos metabòlics es calcula fent la translació de la informació territorial (bàsicament MCSC, veure apartat 2) i les estadístiques agràries de fluxos de les que es disposa. Així, la base del model metabòlic parteix d'aquesta informació (i d'altres informacions territorials que es van incorporant al llarg del mateix i que estan degudament explicades en els seus apartats, com ara l'aigua). Tots els càlculs de fluxos que no depenen de variables territorials (com és el cas dels indicadors A1B, B1, C1, E1B i que tenen el seu apartat corresponent a dins de la carpeta d'informació territorial a [\\158.109.182.54\Projectes\200511 EscenarisPDU](#)), estan fets en la fulla excel 01 BD Balanç Escenari 0 C (prenent com a referència l'escenari actual, 0, i en producció convencional, C) que està a la carpeta N:\RECERCA\ECOLOGIA I TERRITORI\06 Bases Dades\BD Model SIA Espais Oberts\01 Model SIA. La base d'explicació del funcionament i càlcul d'aquí fins al punt 15 d'actualització del balanç, es farà sobre l'escenari actual en producció convencional, indicant sempre els canvis que s'han de fer per tal de fer-ho amb maneig ecològic.

A partir d'aquí es procedeix a explicar totes les bases de dades emprades i les assumpcions preses per a cadascun dels càlculs del SIA fins a l'obtenció dels indicadors corresponents. La primera part de l'informe (apartats 2-12) es centra en la construcció del balanç metabòlic, sempre identificant de forma diferencial aquells càlculs que són per al maneig convencional d'aquells que s'han de fer en el cas del maneig ecològic (normalment a través d'un darrer pas en cada apartat). A la segona part (apartats 13-14) s'indiquen les interaccions que s'han de fer entre el balanç metabòlic i les dades territorials amb ArcGIS de cara a obtenir els valors del balanç hídric i de l'estoc de carboni. Finalment, a la tercera part (apartats 15-16) s'explica com introduir canvis en el balanç metabòlic per a fer escenaris d'usos del sòl i com obtenir els valors finals de cada indicador per cel·la així com per traslladar les dades de sortida del balanç.

2. ESTRUCTURA CONCEPTUAL DEL BALANÇ METABÒLIC

Tal i com ja ha estat descrit en diversos articles (en major detall fins al moment als materials suplementaris de Marco, et al., 2017, però també fent ús de les conceptualitzacions de Marull et al., 2016 i Padró et al., 2020) l'objectiu del balanç metabòlic és estimar quina és l'estructura de fluxos materials que existeix en un agroecosistema a partir de la imbricació de diversos balanços que garanteixin la sostenibilitat en la gestió del mateix. El principi de decisió en cas de tenir dubtes sobre el destí real d'algun dels fluxos serà sempre la decisió més encertada des del punt de vista de la sostenibilitat. S'obtindrà així un patró de fluxos que representa, davant l'incertesa del destí d'alguns dels fluxos, la situació més òptima d'ús i gestió dels recursos naturals. Així, si inclús d'aquesta manera s'observen ineficiències és molt plausible que en l'escenari real s'estiguin donant.

La unitat funcional considerada en aquests balanços és l'Àrea Metropolitana de Barcelona i l'unitat temporal és d'un any. Això vol dir que es consideren els fluxos necessaris i resultants de la producció agrària (agricultura, silvicultura i ramaderia) per a un any de referència (2015). Com s'anirà indicant en els passos per a l'elaboració

del balanç, la unitat de referència serà més el municipi en el cas de la gestió convencional (no s'intenta optimitzar tant l'ús dels recursos regionals), mentre que en el cas del model de maneig ecològic si que es procurarà fer el màxim d'ús dels recursos disponibles a nivell de l'AMB.

Per tal de definir aquesta estructura de fluxos existent, que serà la base del SIA, es parteix de tres balanços materials i un de conceptual.

- I. Balanç de fitomassa: L'estructura d'usos del sòl s'associa de forma directa a un creixement estimat anual de biomassa gràcies a les estadístiques de producció i el coneixement del creixement vegetatiu dels usos no agrícoles. Això defineix la quantitat de fluxos interns de biomassa que estan inicialment a disposició per a ser utilitzats ja sigui com a producte final (final produce, FP), com a aliment per a la ramaderia (livestock biomass reused, LBR), com a biomassa reutilitzada per a mantenir els cicles biogeoquímics (farmland biomass reused, FBR) o bé que es deixarà disponible per a les altres cadenes tròfiques no domesticades (unharvested biomass, UB).
- II. Balanç d'alimentació animal: També com a dades de partida es disposa de quina és la quantitat de ramaderia existent a l'AMB. Aquesta ramaderia té unes necessitats d'alimentació i s'observa fins a quin punt es pot satisfer aquestes necessitats. Mentre en la gestió convencional es partirà d'unes dietes predefinides estàndar per a tot l'Estat i en què és imprescindible la importació de pinsos externs (per l'ús de productes com soja o blat de moro), en el maneig ecològic es buscarà la manera d'optimitzar l'ús dels recursos. Així doncs, ja tindrem el què s'ha definit com a LBR però també si existeixen importacions de pinsos per tal de mantenir la ramaderia.
- III. Balanç de nutrients: Un altre element important a considerar per al manteniment de l'activitat agrària són els fluxos existents de nutrients que permetin la sostenibilitat en la gestió de la fertilitat del sòl. Aquí la disponibilitat de recursos pot provenir o bé del balanç de fitomassa (FBR), del resultat de l'alimentació animal en forma d'excreta animal o bé d'importació de fertilitzants externs. En qualsevol cas, identificar aquestes fonts, intentar-ne optimitzar l'ús i caracteritzar els possibles fluxos és fonamental per a entendre les funcionalitats del sistema agrari a l'AMB.
- IV. Balanç energètic de graf: Per a l'obtenció de determinats indicadors fonamentals del SIA (A1, A2, A3, B1 però també per a E1A en certa manera) és necessari disposar de la informació de tots els fluxos que s'han definit en els balanços I, II i III territorialitzats de nou a escala d'ús. És per això que un quart balanç de caràcter més teòric sobre les re-territorialitzacions de cadascun dels fluxos que s'han definit prèviament per tal que per a cada ús del sòl existeixin tots els fluxos que es defineixen a l'ELIA (Marull et al., 2016), tal i com s'observa a la figura 2 (situada a l'apartat 12).

3. SUPERFÍCIES CONSIDERADES

Bases de dades de partida: Mapa MCSC del CREAM per a 2015; Superfícies dels conreus municipals per 2015 del DARPA; Dades de la DUN 2015.

(http://agricultura.gencat.cat/ca/departament/dar_estadistiques_observatoris/dar_estructura_produccio/dar_estadistiques_agricoles/dar_estadistiques_definitives)

1. Extracció de superfícies municipals del MCSC-2015 en base a 23 categories: Altres fruiters regadiu, altres fruiters secà, àrea urbanitzada, boscos caducifolis (5-20%cc), boscos caducifolis (>20%cc), boscos coníferes (5-20%cc), boscos coníferes(>20%cc), boscos ribera (5-20%cc), boscos ribera (>20%cc), conreus herbacis regadiu, conreus herbacis secà, corredor fluvial i aiguamolls, hivernacles, horta, matollar, olivera regadiu, olivera secà, plantacions, prats i herbassars, sòl nu, vies de comunicació, vinyes i vivers. El fitxer resultant per als 4 escenaris diferents es troba a \\158.109.182.54\Projectes\20051I_EscenarisPDU\1_3_Capes\01_EscenarisUsos\EscenarisAntics.shp). Però aquesta informació s'ha d'actualitzar amb les dades d'horta de la DUN
2. Inclusió de la superfície d'horta declarada a la DUN: s'identifica que a la DUN per a l'any 2015 hi ha molta superfície d'horta que en el MCSC està registrada com a conreu herbaci de regadiu. Per tal d'actualitzar aquesta informació es genera un model (a dins de la caixa d'eines situada a \\158.109.182.54\Projectes\20051I_EscenarisPDU\1_3_Capes) que es diu 01 Canvi horta i que serveix per a fer una actualització de les capes d'usos del sòl per tal d'incorporar aquestes dades de la DUN. Les capes resultants d'aquest procediment és la següent: \\158.109.182.54\Projectes\20051I_EscenarisPDU\1_3_Capes\EscenarisMuniCelles.shp. Per altra banda, els valors s'extreuen també al fitxer d'excel \\158.109.182.54\Projectes\20051I_EscenarisPDU\1_3_Capes\01_EscenarisUsos\Escenaris.xls. Aquest fitxer, un cop actualitzat es copia a la carpeta del model N:\RECERCA\ECOLOGIA I TERRITORI\06 Bases Dades\BD Model SIA Espais Oberts\01 Model SIA.
3. Les dades que s'obtenen de l'excel després són gestionades a la fulla d'excel EscenarisBD.xlsx en els quals es determina quin és la composició d'usos per a cada municipi (taula Superfície per hectàrea organitzat per CP) per a cada escenari d'usos del sòl (que estan per fulla). Així, per tal de passar la informació a la BD del balanç metabòlic (01 BD Balanç Escenari 0 C 2020.10.19.xlsx en el cas de l'escenari actual en gestió convencional) s'ha de copiar la taula C83:Y118 de la fulla Escenari0_BD i enganxar només els valors a la taula SUP-MCSC de l'excel 01 BD Balanç E0 C.xlsx.

A partir d'aquest punt, i sempre que no s'indiqui el contrari, es treballa directament sobre la base metabòlica 01 BD Balanç E0 C.xlsx. situat a la carpeta N:\RECERCA\ECOLOGIA I TERRITORI\06 Bases Dades\BD Model SIA Espais Oberts\01 Model SIA. Per altra banda però, també es detallen en els passos com fer el canvi al model de gestió ecològica, sempre en cadascun dels apartats o subapartats corresponents.

3.1 COMPOSICIÓ DELS USOS DEL SÒL

A continuació s'explica com s'estima la composició interna d'usos del sòl de les cobertes considerades en base a les informacions del SIGPAC i de la DUN

4. Comparació de les dades del SIGPAC de 2015 amb les dades del CREAM. Veient que les dades estadístiques de la DUN no quadren amb les observades i donada l'existència d'un mapa amb les dades del SIGPAC segons el qual es defineix el tipus de cultiu declarat, es fa el creuament de les dades entre les zones agrícoles definides segons el CREAM i el tipus de cultiu explicat al SIGPAC.
5. S'observa a partir de les dades del SIGPAC que un 15% de la superfície total és guaret, que es repartirà entre el secà i el regadiu. Si a herbaci de secà no hi ha informació dels cultius ni a SIGPAC ni a la DUN es considerarà que és ordi, i si és regadiu serà alfals. Això es deu a que aquests són els cultius predominants en secà i regadiu respectivament.
6. En relació als cultius herbacis, amb la patata, els cereals d'hivern i la colza, tota la superfície declarada a la DUN es pren com a vàlida ja que en el SIGPAC no surt indicada cap superfície. En el cas de municipis amb poca superfície i a on no s'hagi declarat res en la DUN ni s'identifiqui, es considerarà guaret.
7. Pel què fa als cultius llenyosos, es segueix el mateix procediment que amb els cultius herbacis. En aquest cas, per als municipis en els que no hi ha cultius indicats (és a dir, la superfície a la DUN o SIGPAC és 0 però al CREAM se n'indica alguna) el què es posa és cultiu llenyós de fruita de pinyol que és el majoritari a la zona, ja sigui en secà o en regadiu. La canya, el garrofer i la noguera que surten a la DUN sempre es considera que són certes.

En qualsevol cas es considera que la superfície indicada al MCSC és la base del càlcul. Per tant, l'únic que varia és la seva composició interna (ús, cosa que no està indicada al MCSC). Tot això tenint en compte les modificacions que s'han fet al pas 2 d'aquest apartat.

Queda DUN = SUM('SUP-DUN'!D3:Y3)-'SUP-DUN'!P3-'SUP-DUN'!Q3-'SUP-DUN'!I3-'SUP-DUN'!J3-'SUP-DUN'!M3

SUP herbaci TODO DUN – SUP DUN PATATA seca – PTATA regadiu – Cereales para forraje seca – Cereales para forraje reg – Colza seca

Falta secà

==SUP-MCSC'!M2-'SUP-MCSC'!M2/P3*AT3-AD3-AJ3

Conreus herbaci seca CREAM– Conreus herbaci seca CREAM /Todo Herbaci CREAM*Guaret – patata (DUN) – Cereal invierno secanos (DUN)

Falta regadiu = 'SUP-MCSC'!L2-'SUP-MCSC'!L2/P3*AT3-AE3-AK3

HERBACI REGADIU CREAM – HERBACI REGADIU CREAM/ Guaret - Cereals d'hivern per a farratge regadiu (DUN) - Patata regadiu (DUN)

4. PRODUCCIÓ DE BIOMASSA I REUTILITZACIÓ DE LLAVORS

4.1 PRODUCCIÓ AGRÍCOLA

Bases de dades de partida: Superfícies, rendiments i produccions dels conreus de 2015 del DARPA a escala comarcal

(http://agricultura.gencat.cat/ca/departament/dar_estadistiques_observatoris/dar_estructura_produccio/dar_estadistiques_agricoles/dar_estadistiques_definitives) i superfícies considerades (punt 2)

8. De cara a l'estimació de la productivitat agrícola el què es fa és prendre les dades de les enquestes comarcals a on es disposa d'informació per cultiu. Pel què fa a la horta s'agrupen totes les superfícies i s'estima la productivitat mitjana dels diferents cultius d'horta. Això es pot veure a la fulla SUP – Horta, a partir de la columna AQ. A la fulla FP – Rend Mun es calcula també el valor mig de la productivitat per comarca, ja que serà necessària en un futur per a l'estimació del balanç de nutrients (apartat 9).
9. En cas que no es disposi d'informació comarcal de la productivitat de cultiu, es farà una interpolació entre les dades que es disposin d'altres comarques. Cal tenir en compte que aquest fet és anecdòtic i es dona en cultius amb molt poca rellevància en quant a superfície total (canya vulgar, civada regadiu, sègol, mandarina o alfals secà en una comarca)
10. Pel què fa als subproductes es calculen en base al producte principal fent ús de la base de dades de Guzmán et al., 2014.
11. En quant als continguts d'humitat també s'utilitzen els criteris de Guzmán et al., 2014. En relació a les flors es pren un valor orientatiu del 80% d'humitat, comparat amb les plantes similars (lleguminoses de tall verd, farratges, etc.). En el cas de la canya s'utilitza la dada d'Angelini, Ceccarini, & Bonari (2005) d'un 55% d'humitat.
12. En el cas del maneig ecològic, s'apliquen uns factors de correcció dels valors de productivitat que es basen en bibliografia comparativa entre producció convencional i ecològica (De Ponti et al., 2012; Seufert et al., 2012).

4.2 LLAVORS

Bases de dades de partida: Anuario de estadística de superficies y producciones anuales de cultivos en España per l'any 2015 (<http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/superficies-producciones-anuales-cultivos/>)

13. Les úniques informacions a escala anual són les corresponents a la quantitat de llavor utilitzada de la pròpia producció i la quantitat de llavor importada per al cultiu. Es prenen les dades a escala anual i es calcula la quantitat per hectàrea que suposen. Les dades directes del MAGRAMA es troben disponibles a llavors.xls.
14. Per a les hortalisses no hi ha dades de llavor requerida. Prendrem un criteri conservador utilitzant les dades de llavor utilitzades en els balanços segons les dades de Soroa (1953) segons les quals es requereixen uns 154 kg llavor/ha.

15. En el cas de cultius per a farratge (alfals, raigràs i trepadella) s'estima unes intensitats de sembra de 20 kg/ha, mentre que per a veça, cereals d'hivern i sègol s'estima d'uns 80 kg/ha.
16. Per al maneig ecològic, l'assumpció en aquest cas és que l'origen de les llavors és sempre local i per tant s'eliminen les importacions i s'augmenta la fracció de local fins que és al 100%.

4.3 PRODUCCIÓ FORESTAL I MATOLLAR

Bases de dades de partida: Aprofitaments forestals comarcals per l'any 2015 (http://cpf.gencat.cat/es/cpf_01_organisme/linies-actuacio-informacio-estadistica/informacio-estadistica/gestio-forestal/), MCSC AMB 2015 i MCSC 2009.

17. S'agafa només la dada de FC (Forest Catalunya, privada i pública) a nivell comarcal.
18. Analitzant les dades del CREAM per 2015, l'alzina representa un 87% de la superfície de planifolis, mentre que el pi blanc representa el 91% de la superfície de coníferes. Així doncs, es considerarà per a ells el caràcter representatiu del conjunt. Es transformen les dades de m³ a t amb els factors de conversió de 0.90 t/m³ en l'alzina i 0.61 t/m³ en el pi blanc (Centre de la Propietat Forestal, 2004).
19. Existeixen moltes categories forestals, però les úniques en les que s'hi considera extracció és als boscos caducifolis, de coníferes i a les plantacions. Per a les plantacions, l'estimació s'extreu del creixement de la biomassa forestal de l'IEFC a nivell comarcal. Se suposa que en aquestes l'ús és més intensiu i que per tant s'extreu tanta biomassa com creixement existeix. Segons les dades de l'IEFC en els cultius de coníferes es produeix un creixement de la biomassa de 3.6 m³/ha·any, que a una densitat de 0.61 t/m³ vol dir uns 2200 kg/ha·any. Com que el 75% de les plantacions són de coníferes, es considera aquesta dada com a extrapolable a tota la superfície de plantacions.
20. Com que les dades són comarcals i s'indica l'existència de suro per al Maresme, donat que segons les dades del CREAM de 2015 no hi ha alzina surera a l'entorn de l'AMB, es considera que no hi ha extracció de suro corresponent.
21. Un cop transformades les dades s'han de creuar amb la superfície comarcal que només es pot obtenir de les dades de 2009 (doncs el mapa de 2015 no inclou la superfície de les comarques senceres). Per a això s'extreuen doncs del MCSC totes les superfícies amb categoria planifolis, coníferes i altres (on s'hi inclouen aquells boscos que es consideren que tenen un menor potencial d'extracció al no ser alzinars, pinedes, rouredes o bé plantacions). D'aquí s'obté una rati de kg/ha per superfície de planifolis i de coníferes, mentre que es considera que els altres boscos doncs no tenen extracció (a excepció de les plantacions).

5. BIOMASSA NO RECOL·LECTADA

Bases de dades de partida: Produccions i rendiments (apartat 4.1), el creixement estimat de la biomassa llenyosa aèria (<http://www.cream.uab.es/iefc/pub/Regions/BiomassaRF5.htm>), l'estimació de pastura (Taüll and Baiges, 2007) que vindria a ser uns 900 kg/ha secs.

22. Calculem en primer lloc quina és la NPPharvested a partir de les dades de GCV de productes i subproductes
23. Aleshores apliquem sobre els fruits el % de pèrdues estimades per herbívors a Oerke, Dehne, Schönbeck, & Weber, (1994) i les herbes adventícies (Guzmán et al., 2014).
24. En el cas de les pastures, els matollars i els boscos el què fem és estimar quin és el seu potencial total (que és diferent a la part de pastura consumida per la biomassa reutilitzada en forma de dietes animals i la llenya extreta tal i com s'explica a l'apartat 4.3). Ambdós càlculs permeten estimar la NPPact.
25. Per al cas de la pastura, els càlculs per a pastures naturals procedeixen de Taüll & Baiges (2007)
26. Per a l'estimació de la biomassa dels matollars s'utilitzen les dades del CREAM (<http://www.cream.uab.es/iefc/pub/Regions/EstratArbustiuRF5.htm>), segons les quals els principals matollars són brolles i màquies (és a dir, de romaní, arboç, marfull, llentiscle, etc.). De fet, si es compara amb les dades disponibles de composició de l'estrat arbustiu forestal s'obté que la presència d'espècies arbustives és, per ordre decreixent de percentatge de cobertura bruc, heura, alzina, coscoll, esbarzer, marduix, boix, llentiscle, estepa, romaní i arboç (21%, 19%, 16%, 13%, 12%, 12%, 10%, 10%, 9%, 9%, 7%). Pel què fa a l'estimació de la productivitat total, partim de les dades de 0.5-1.25 t/ha·any en Quercus coccifera i 1 t/ha·any en Rosmarinus officinalis (Terradas, 1991), de 6.4 t/ha·any d'Erica al Montseny (Navarro, 2004), de 2.65 t/ha·any de Rosmarinus officinalis a la regió de Múrcia amb una pluviositat de 500 mm (Martínez Fernández et al., 1994) i de 1-1.4 t/ha·any en Quercus coccifera per al sud de França (Rambal, 2001). Pel què decidim prendre un valor aproximatiu de 1.5 t/ha·any en els matollars de la regió forestal V.
27. Finalment, a nivell forestal prenem les dades d'increment de la biomassa llenyosa total, en la que caldria afegir-hi també la producció de biomassa no llenyosa que estimem d'aproximadament 1 t/ha·any en base a les altres estimacions anteriors (entre fulles i herbàcies).
28. Per diferència entre la NPPact i la NPPh obtenem la UB.
29. Per a fer les estimacions de producció primària neta en maneig ecològic es manté la mateixa estructura de les taules de la fulla NPPact – Total però es canvien els factors estimant unes majors pèrdues per herbivoria i major quantitat d'herbes adventícies (Guzmán et al., 2014; Oerke et al., 1994).

6. RESIDUS VEGETALS

Bases de dades de partida: Informació anual de l'any 2015 sobre incendis forestals (<http://agricultura.gencat.cat/ca/serveis/cartografia-sig/bases-cartografiques/boscos/incendis-forestals/incendis-forestals-format-shp/>), MCSC de 2015 del CREAM i mapa de municipis de l'AMB.

Existeixen determinats fluxos que per la seva composició o bé la posició en la que es troben, no poden complir la funció de FP ni de BR, pel què són considerats Waste.

27. En aquest cas ho considerarem així tant per a la llenya dels arbres fruiters, d'oliveres en un 80% (considerant que tant sols un 20% és llenya realment aprofitable, així com comptabilitzant també la remulla), els pàmpols de la vinya.
28. Pel què fa a la horta, es considerarà que és waste el 79% dels residus. Aquesta informació ve les dades generades als estudis de Aguilera, Guzmán, & Alonso, (2015a, 2015b). A la taula 2 es mostren els valors estimats per als tres destins diferents (crema, enterrament o a abocador) segons el supòsit sigui gestió convencional o en ecològic. Només està considerat així de moment en el cas de l'horta, mentre que en cultius llenyosos el supòsit és el que s'indica al pas 27. A la taula 2 no hi surten els cereals perquè per a aquests si que es considera que és rellevant l'anàlisi que es realitza amb el supòsit que es poden aprofitar tots els subproductes. Per a veure més detalls del destí d'aquests subproductes s'ha de parar atenció als apartats de dietes animals i d'enterrament de biomassa al balanç de nutrients.
29. Per a calcular quina ha estat l'àrea cremada es creua el mapa de cobertes de 2015 amb les dades d'incendis per tal d'extreure quines superfícies són les cremades. D'aquí se n'obté una taula que per a l'any 2015 només suposa 19.27 ha de matollar, 0.08 ha de bosc dens i 0.36 ha de prats i herbassars, tots del municipi de Barcelona. D'aquests s'estima que tota la biomassa es crema i és waste.
30. Per a estimar l'efecte de gestió dels residus en maneig ecològic es tindrà en compte per a l'horta els valors de la taula 3 i per a els subproductes provinents de cultius llenyosos es considerarà que o bé s'enterren (en el cas de pellofes de noguera, ametller i fulles de vinya) o bé que són producte final (en el cas de totes les llenyes).

Taula 3. Distribució dels subproductes segons el destí i el maneig (en percentatge).

Cultiu	Maneig	Destí (%)		
		Crema	Enterrament	Abocador
Horta	Convencional	36	21	43
	Ecològic	13	50	37
Fruita fresca	Convencional	20	58	22
	Ecològic	6	72	21
Fruits secs	Convencional	78	0	22
	Ecològic	78	0	22
Oliveres	Convencional	68	10	22
	Ecològic	57	21	21
Vinya	Convencional	59	19	22
	Ecològic	5	72	23

7. RAMADERIA: QUANTITAT I PRODUCCIÓ

7.1 UNITATS RAMADERES

Bases de dades de partida: Enquesta de nombre d'explotacions i places ramaderes per 2015 del DARPA a escala municipal, comarcal i provincial (http://agricultura.gencat.cat/ca/departament/dar_estadistiques_observatoris/dar_estructura_produccio/dar_estadistiques_ramaderes/dar_nombre_explotacions_places_bestiar/) i dades del cens de 2009.

31. S'extreuen les dades de l'enquesta d'explotacions i places per a 2015 a escala municipal.
32. Per aquells casos en els que no hi ha dades estadístiques (per tenir 3, 2 o 1 explotacions), el què es fa és prendre els valors a escala comarcal dividint-los per la quantitat de municipis existents un cop descomptats aquells per als que si que se'n coneix la quantitat. En cas que a nivell comarcal succeeixi el mateix, es fa una estimació d'un 2 explotacions per municipi, utilitzant les dades a nivell provincial de composició mitja de les explotacions. Tot i això, en cas que en el cens de 2009 es disposi d'informació de composició de les explotacions quan hi ha secret estadístic, el què es farà serà estimar la quantitat a partir d'aquestes.
33. Un cop definit el nombre d'individus de cada espècie es procedeix a caracteritzar la seva composició. Donat que aquestes dades no es disposen anualment sinó per al cens de 2009, el què es fa és ponderar en base a la informació disponible dels cens, adaptant les dades de la DUN a les composicions.
34. Després d'identificar que la majoria de cavalls no són pas d'ús agrari sinó esportiu, es decideix que s'exclouen els cavalls del model sociometabòlic perquè no formen part del sistema agrari.
35. En el cas de la ramaderia en maneig ecològic, el procés és radicalment diferent al funcionament dels apartats 7.1 i 8 d'aquest informe. Així, el què es fa és adaptar la cabana ramadera que s'ha calculat fins al pas 34 en funció de la quantitat d'aliment que hi ha disponible a escala municipal per satisfer els criteris mínims d'alimentació local que fixa el CCPAE. Per a tal fi en primer lloc s'identifiquen els aliments disponibles a escala d'AMB per a l'alimentació de la ramaderia, tal i com s'explica en el pas 42. Amb els valors definits, el següent pas és començar a distribuir aquests aliments amb un mètode de tanteig, per tal d'aconseguir que almenys el 60% de la dieta sigui satisfeta en base als criteris normatius europeus (UPAE, 2008)¹. Així, aquesta valoració la fem en termes del % d'ingrés a la dieta que es pot fer de cada producte o subproducte. S'inicia amb els animals monogàstrics, que són més restrictius en quant a la tipologia de productes que poden consumir.

35.1 Per a cada pas s'observa quina és la quantitat màxima (en kg) que podrien consumir els animals (estimant el percentatge en termes de MCal) segons percentatges d'incorporació raonables a la dieta segons els criteris de la FEDNA (2010).

35.2 Es comprova si n'hi ha suficient per a satisfer aquesta necessitat. En cas contrari només se n'aporta la part que hi ha disponible.

¹ Tal com s'indica Almenys el 60% dels aliments anuals hauran de procedir de la pròpia explotació (és a dir, parcel·les inscrites a la producció ecològica) o, si això no és possible, s'hauran de produir en col·laboració amb altres explotacions ecològiques de la mateixa zona (actualment el concepte de zona no està definit i, a la pràctica, s'admet la compra d'aliments certificats a operadors externs). http://pae.gencat.cat/web/contenut/alimentacio/al01_pae/05_publicacions/material_referencia/arxius/FitxaNormativaPAE01_conv ersio_herbivors.pdf

35.3 Es fa la valoració del percentatge al que s'ha arribat d'alimentació d'aquell grup d'animals. En cas que no s'arribi al 60% s'incorpora un nou producte o subproducte (en cas que hi sigui). Si s'excedeix, es canvia el requeriment per aquella quantitat de producte que permet arribar al 60% exactament.

35.4 Un cop s'han distribuït tots els aliments, s'obtenen els factors de ponderació sobre la quantitat de ramaderia que es pot suportar a l'AMB sota el criteri que el 60% siguin alimentats del propi territori. Així si només s'ha arribat a un 45%, el nombre d'animals s'haurà de ponderar per un factor de 45/60. Aquests valors es corregeixen a RAM – Final

35.5 La resta de passos de la ramaderia en maneig ecològic inclouen el subapartat 6.2, el pas 40 i aleshores del pas 42 en endavant.

7.2 PRODUCCIÓ RAMADERA ESTIMADA

Bases de dades de partida: Unitats ramaderes (apartat 7.1), Enquesta de sacrificis de ramaderia a escala provincial per 2014 (<http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/ganaderia/encuestas-sacrificio-ganado/>), Enquesta de disponibilitat ramadera a escala provincial per 2014

(http://agricultura.gencat.cat/ca/departament/dar_estadistiques_observatoris/dar_estructura_produccio/dar_estadistiques_ramaderes/dar_nombre_explotacions_places_bestiar/), Enquesta del sector lacti per 2015 (<http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/ganaderia/estadistica-industrias-lacteas/estadistica-lactea-anual/default.aspx#para7>), Enquesta de producció d'ous, mel i llana per 2015 (<http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/ganaderia/lana-miel-huevos-consumo-humano/>) i Enquesta ramadera de 2015 a escala Estatal (<http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/ganaderia/encuestas-ganaderas/>)

36. Es prenen les dades de sacrificis de 2014 perquè les dades de 2015 encara no estan elevades (adaptades als valors de sacrificis totals). De totes maneres s'observa que les diferències entre 2014 i 2015 són molt menors, oscil·lant entre el 2 i el 7%.

37. En relació a la llet, estimem la producció per plaça ramadera de boví de llet, caprí i oví. Per tal de fer-ho utilitzem per una banda la taula B de l'estadística del sector lacti per 2015 i per l'altra l'enquesta ramadera de 2015 per obtenir la producció de litres de llet per unitat de ramaderia. Per passar les dades de litres a kg utilitzem el factor de conversió de la FAO de 1.03 (http://www.fao.org/fileadmin/templates/food_composition/documents/upload/Density_database_v1_final.pdf)

38. Finalment, per al cas dels ous el què utilitzem és l'estadística de llana, mel i ous del MAGRAMA (com la resta d'informes) del qual es poden obtenir les dades de producció per plaça a escala provincial. Com que les dades són a nivell de dotzenes d'ous, s'han de passar a pes. Estimem un pes mig dels ous de 63

grams/ou a partir de les dades estadístiques de producció a la UE i la producció espanyola (http://aplicaciones.magrama.es/en/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/indicadoreseconomicosaviculturadepuesta2016_nipo_tcm11-379528.pdf).

39. Per al maneig ecològic, el què es fa és canviar els cicles de producció dels animals, modificant-los en base a la informació disponible sobre llargada dels cicles i pes final dels animals. Això fa canviar la quantitat de producte que s'obté per cada plaça ocupada, que es modifica específicament en la carn a la fila 248 de RAM – FP i per als ous i la llet a la fila 207 de la mateixa taula. Aquestes dades provenen principalment del dossier sobre la transició ecològica de les fitxes tècniques del DARPA (DARPA, 2009)

8. DIETES ANIMALS

8.1 POTENCIAL CONSUM DE PASTURA D'OVELLES I CABRES I DIETES DELS ANIMALS

40. Així com per al cas de les espècies que no són ovelles o cabres, la dieta anirà prefixada segons el què s'indica al pas 41, en el cas de les ovelles i les cabres també es partirà d'aquesta informació original però es procedirà a adaptar-la segons la disponibilitat de pastura. Per això el primer que es fa a la fulla LDIETS – Diet capr & ov és estimar el consum total de la dieta que pot venir de la pastura. S'estima que aquest valor és un 55% del total de MCal de les que necessiten (és un criteri molt conservador però que tampoc afecta perquè la disponibilitat és sempre menor) i a la taula M8;Q11 es defineix quin és el consum diari de kg de pastura per a cada animal. Això permet acabar definint quin és el consum de kg/dia de cada aliment, que es retorna a LDIETS – Diet proposal.
41. La resta de dietes que s'observen a la taula de LDIETS – Diet proposal tenen origen en els criteris de Flores & Rodríguez-Ventura (2014) sobre les dietes preceptives.

8.2 LLITS ANIMALS

42. Dins del bloc de recirculacions de biomassa per a la ramaderia, s'inclouen també els llits dels animals (a la fulla LDIETS – Stall bedding). Aquests es calculen en termes de matèria seca perquè és la manera després de facilitar-ne el càlcul en termes d'energia i d'altres fluxos. Però això s'ha de tenir en compte en altres passos com el pas 49, perquè sinó es pot infraestimar l'aportació que aquests fan en forma de nutrients si s'agafen les dades només en sec i no es divideixen pel factor d'humitat. L'origen d'aquestes estimacions són de Cascón (1918) i per a les gallinàcies la font és la Unitat de la Producció Agrària Ecològica (2010).

8.3 BALANÇ MUNICIPAL

43. Un cop definides les dietes es calcula quins són els aliments que es podrien satisfer a nivell local. Hi ha 5 categories d'aliments que poden ser aportats a nivell local en base a les produccions existents: palla de cereal (on s'inclouen tots els cereals, com blat, civada, ordi, sègol i triticle), el salvat de blat (només considerat aquest), l'alfals (on es consideren també altres farratges com de cereals d'hivern, el raigràs, el sègol farratger, la trepadella i la veça per a farratge) i la pastura (on es contemplen les pastures naturals).

Els requeriments totals queden descrits a la taula A30:N66 que és la suma de tots els kg de cadascuna de les espècies animals de LDIETS – Diet proposal.

44. Aleshores s'estableix el balanç a escala municipal i de l'AMB per tal de determinar quines haurien de ser les importacions externes, que són els procediments fets a la fulla LDIETS – Local balance. Es parteix de la disponibilitat municipal, es calcula el consum intern tenint com a referència cada municipi (taula Internal Consumption en kg), i a partir d'aquí l'excedent (taula Surplus). A l'hora de determinar quina serà la fracció restant (en cas que es doni) a nivell municipal, es considerarà un consum proporcional a la producció que hi ha hagut de regadiu/secà.
45. A la taula LDIETS – Import es calculen les importacions de cada producte necessari per a satisfer les dietes simplement a partir de la diferència dels requeriments i les disponibilitats a escala municipal.

9. MANTENIMENT DELS CICLES BIOGEOQUÍMICS

Bases de dades de partida: Enquesta de superfícies a nivell de Catalunya (http://agricultura.gencat.cat/ca/departament/dar_estadistiques_observatoris/dar_estructura_produccio/dar_estadistiques_agricoles/dar_estadistiques_definitives), Distribución de agua a las explotaciones agrícolas por comunidad autònoma

(http://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176839&menu=resultados&idp=1254735976602), Estadística mensual de fertilizants del MAGRAMA (<http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/estadisticas-medios-produccion/fertilizantes.aspx>) i Anuario de estadística de 2015 sobre Medios de Producción (<http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/2015/default.aspx?parte=3&capitulo=15&grupo=2>)

De cara a definir el funcionament dels cicles biogeoquímics dels principals macronutrients (N, P i K), en primer lloc s'avalua la disponibilitat d'excreta (i jaços; subapartat 9.1) així com la disponibilitat de productes per enterrar (subapartat 9.2) per posteriorment identificar les necessitats a nivell de cultiu (subapartat 9.3) i procedir al balanç de nutrients que permet caracteritzar les entrades d'inputs externs en forma d'altres tipus de fertilitzants (subapartat 9.4)

9.1 PRODUCCIÓ I COMPOSICIÓ DE L'EXCRETA DISPONIBLE

46. Per tal de calcular la composició de l'excreta utilitzem les dades de les característiques del fem de la American Society of Agricultural Engineers (ASAE, 2000). Tanmateix, per tal de poder-ho calcular es necessiten les dades de pesos, que s'extreuen del cens ramader de 2009 (estimació UGM/plaça). Aquestes dades es calculen a les taules de N, P i K excretat disponible i es calcula en pes de matèria seca també, a les taules corresponents.

47. Per al cabrum i oví, que és la ramaderia que es considera que pastura únicament als prats i herbassars en el model convencional, es considerarà que s'excreta només la part proporcional disponible en estable, que és un 50% del què es consumeix en camp i tota la resta que es consumeix en estable (Ayantunde et al., 2001; Oenema et al., 2007). Així doncs, aquest pas modifica el pas 46 per a aquestes espècies, a través del factor definit a la fulla LDIETS – Diet capr & ov específicament en el factor d'excreta.
48. El factor d'excreta s'ha calculat a partir de la informació obtinguda en el pas 41 i consisteix en aplicar un criteri per consum de kg sec al dia per estimar quin percentatge del total de la dieta és pastura. En aquest percentatge es defineix que mentre per als consums d'altres aliments el percentatge de recuperació de l'excreta a estable és del 100%, per als consums en pastura és només del 50%, en base al què s'indica al pas 47.
49. Es determina doncs la disponibilitat en forma d'excreta i a aquí s'hi suma també, a la taula de L – Excreta de general values, l'aportació de nutrients dels llits dels animals (fent una crida doncs a la fulla calculada al pas 42).
50. Els valors es ponderen per un factor que estima quines són les pèrdues en el procés de compostatge. Aquestes pèrdues s'estima que són del 50% en nitrogen, el 2% en fòsfor i el 20% en potassi (Eghball et al., 1997; Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006a; Larney et al., 2006; Michel et al., 2004). Les pèrdues en fòsfor declarades a vegades són més, però consisteixen en estudis segons els quals aquestes pèrdues van associades a processos de lixiviació. A la vegada, també s'aplica en aquest pas un factor de pèrdues de nitrogen del 20% (per tant, es multiplica el valor per 0.8 a la columna B20:55 de la taula L - Excreta) degut als processos de volatilització quan s'apliquen fertilitzants orgànics (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006b).
51. En el cas del maneig ecològic el procediment és igual a excepció del pas 47 ja que a la fulla de RAM – Dimensió cabaña s'hi defineix una taula que permet el càlcul del factor d'excreta a partir de l'estimació d'alimentació que s'ha fet a la ramaderia. Això permet caracteritzar quin percentatge de l'excreta s'estima que es produirà a l'estable. Es parteix de l'estimació del percentatge de pastura en pes sobre el total d'alimentació (B127:F127) i aquí s'aplica el mateix factor definit al pas 47.

9.2 DISPONIBILITAT PER A L'ENTERRAMENT

52. S'identifica quins són els by-products que estan disponibles per tal de ser enterrats de manera que contribueixin a l'aportació de nutrients en el balanç. Aquests, en el cas del model convencional, són els que s'han identificat en el cas de l'horta (taula 2), les pellofes de la major part de cereals de secà i de regadiu i les plantes de patata corresponents, les pellofes dels fruits secs, i la sansa i brisa d'oliveres i vinya respectivament. La composició nutricional en fresc d'aquestes restes s'estima a partir de les taules construïdes al pas 54.

53. En el cas del model ecològic, aquestes disponibilitats canvien per a les restes d'horta que s'enterren (taula 2), també les pel·lofes de cereals de secà i plantes de patata, les pel·lofes de fruits secs i els pàmpols de la vinya.

9.3 REQUERIMENTS PER CULTIU I MUNICIPI

54. En primer lloc s'avalua quines són les extraccions totals de nutrients derivades de la biomassa recol·lectada (NPPH). Aquests càlculs es fan a nivell de comarca, ja que les produccions generals són comarcals. Per al cas de l'horta, a on les produccions són comarcals, s'utilitzaran les mitjanes comarcals que s'han definit al pas 8. A la fulla NB – Extracció COM s'hi ajunten les dades de productivitat dels productes principals (FP – Main products) i dels subproductes (FP – By-products) de cadascun dels cultius. La determinació dels valors mitjos de composició provenen sobretot de Soroa (1953) i Galán et al. (2012). Pel què fa a algunes de les plantes, utilitzem l'informe de Yeager & Ingram (2003) i de Uchida (2000) prenent valors mitjans. A nivell d'alfals i altres productes per a l'alimentació animal prenem les dades de les taules FEDNA (Fundacion Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, 2010). Això permet identificar per comarca els valors mitjos d'extracció per cada hectàrea dels diferents cultius.
55. Un cop definides les extraccions el següent pas és considerar les necessitats totals de nutrients que tindrà cada cultiu en funció d'altres fluxos naturals o antròpics que es donin més enllà de la pura extracció de nutrients. Per a això, considerem els criteris bàsics de la proposta de balanços de nutrients feta per González de Molina et al., (2010). Nutrient per nutrient, els fluxos considerats són els següents:

55.1 Nitrogen

- 55.1.1 Deposició atmosfèrica: És un valor estàndard per a tots els cultius de 3.7 kg N/ha en base a Vázquez et al. (2003).
- 55.1.2 Fixació no simbiòtica: És un valor d'entre 1 i 4 kg N/ha que oscil·la en funció de la intensitat de llaurat. Per això per a l'horta s'estima de 1, en herbaci de 3 i en cultius llenyosos de 4.
- 55.1.3 Fixació simbiòtica: En base a les estimacions fetes, es calcula que aproximadament és 1.14 vegades el nitrogen extret de la planta (García-Ruiz et al., 2012).
- 55.1.4 Irrigació: De les entrades antròpiques aquest és el valor més significatiu. Dependrà però del balanç hídric (subapartat 13.6) i les dades d'entrada s'agafen de la fulla AIGUA – Entrada balanç i s'hi incorpora una estimació del contingut en N, P i K (en mg/L) d'aquesta aigua (García-Ruiz et al., 2012).
- 55.1.5 Llavors: L'aportació de nutrients en forma de llavors estan estimades al subapartat 4.2, a la fulla FP – Seeds, a on a partir de la contribució en nutrients que està estimada amb els mateixos factors que apareixen al pas 54.
- 55.1.6 Desnitrificació i volatilització basal: Més enllà de les pèrdues que s'han d'estimar pels processos d'aportació de fertilitzants, existeix una estimació d'uns 5 kg N/ha de desnitrificació i 1.5

kg N/ha de volatilització basal del sòl en base al model de Vinther & Hansen (2004) i Holtan-Hartwig et al. (1994).

55.2 Fòsfor: El balanç de fòsfor inclou part dels fluxos del balanç de nitrogen però estimats amb diferents factors. Aquests són: la deposició atmosfèrica, l'irrigació i les llavors.

55.3 Potassi: Amb el balanç de potassi s'estimen els mateixos tipus de fluxos que en el cas del fòsfor, també amb els seus factors corresponents.

56. Un cop es disposa de les necessitats totals (que és la suma de tots els fluxos antròpics i no antròpics del pas anterior i de l'extracció definida al pas 54), es defineixen les necessitats per unitat de cultiu a escala municipal (NB – Necessitats MUN) simplement en funció de la comarca a la que pertanyen.

9.4 BALANÇ DE NUTRIENTS PER COBERTA I MUNICIPI

57. Conegudes les necessitats i disponibilitats, es procedeix al balanç de nutrients, que es fa a la fulla NB – Balanç nutrients. Aquí, la distribució de biomassa per enterrar es farà per coberta (entenent per cobertes horta, cereals de secà, cereals de regadiu, fruiters de secà, fruiters de regadiu, olivera de secà, olivera de regadiu i vinya), mentre que la distribució d'excreta animal s'obtindrà a nivell de coberta però es definirà en dos grans blocs: el primer d'herbàcies (horta, cereals secà, cereals regadiu) i el segon de llenyosos (fruiters de secà, fruiters de regadiu, olivera de secà, olivera de regadiu i vinya).
58. El primer pas és la definició de les necessitats totals de cadascun dels nutrients (N, P, K) multiplicant les necessitats per cultiu (NB – Necessitats MUN) per la superfície que ocupa el cultiu, que prové de SUP – Final.
59. El segon pas és l'enterrament de biomassa. Aquest, que ha estat estimat al pas 52, s'enterra aplicant un factor de 0.8 per al nitrogen per a estimar les pèrdues de volatilització (al voltant d'un 20%; Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006b). En canvi en la resta (P, K) no s'estimen pèrdues importants en la seva aplicació per la seva més baixa mobilitat.
60. Després de l'enterrament es valora quines són les necessitats restants (el què encara no s'ha satisfet). El següent pas és l'aplicació d'excreta. Aquesta es farà a nivell de tots els cultius herbacis a la vegada. Per això es crea la taula de les columnes BA:BE. Els nutrients que falten són la suma de les aportacions necessàries a horta, herbaci secà i herbaci regadiu. La disponibilitat d'excreta ve de L – Excreta, i tenim els valors pels tres macronutrients.
61. Per tal d'identificar quin és el factor limitant, el què es fa és passar aquestes necessitats calculades al pas 60 a kg de matèria seca d'excreta. Per a fer-ho s'apliquen els factors tant a les necessitats de N, P com K, que indiquen quina és la quantitat de kg de ms de fem per cada kg de macronutrient (fulla L – Excreta taula F20:H55). D'aquesta manera tenim els kg de fem que es necessitarien per satisfer el nitrogen, fòsfor i potassi necessaris (a cadascun dels blocs dels tres nutrients). Aquí doncs prenem el criteri del factor limitant i aportarem a la realitat tanta excreta com el factor més limitant (sempre que n'hi hagi suficient de

disponible), és a dir, s'agafa el valor màxim resultant de la columna BD per municipi. Aquest és doncs el pas que vincula els tres balanços a la vegada.

62. La resta que quedi de nutrients per satisfer un cop aplicada l'excreta animal s'ha de satisfer amb fertilitzants químics importats. Les aportacions segons les fonts són en N, P_2O_5 i K_2O pel què s'han de transformar a N, P i K. A partir de les dades (de l'estadística mensual de fertilitzants) s'obté que el 79% dels fosfats provenen de compostos. Aquests compostos, amb les dades de vendes anuals de fertilitzants es comprova que tenen una composició mitja de 12.7% N. Això fa que a nivell agregat i mitjà (i a partir de les dades de compostos de N, P i K respectivament) s'obtingui una composició mitja dels compostos NPK de 12.8-7.5-9.3. Com que aquests són majoritaris en el cas del fòsfor (79% enfront al 22.6% en N i 55.6 en K), comencem aplicant aquests per satisfer el 79% de la demanda de fertilitzants. Es corrobora que no s'estigui excedint en N. La resta de P es compleix amb Superfosfat de calç. La resta de K es satisfà amb Clorur potàssic. I la resta de N es satisfà amb Urea (60%) i nitrat amònic-càlcic (40%). En el cas de la flor es considera que la fertilització serà sempre directament mineral.
63. Aquest procediment es repeteix en el cas dels cultius llenyosos iterant els passos del 58 a 62.
64. De cara a poder definir quin és el percentatge de nutrients que recirculen a nivell municipal, s'ha d'estimar el percentatge d'autosuficiència de cada coberta. L'element de referència que es pren és el del fòsfor, perquè és el factor limitant inicial en el cas de les cobertes en maneig convencional. Així, de totes les aportacions que es fan, s'estima quina part és provinent de fòsfor municipal. El criteri és el següent:
 - 64.1 En el cas dels enterraments es considera que tot el fòsfor és d'origen municipal
 - 64.2 En el cas de l'excreta que prové del propi municipi, es valora quina part d'aquesta excreta pot considerar-se municipal. Això es fa a partir de l'alimentació de la ramaderia. Aquesta alimentació de la ramaderia és en part municipal i d'altra és importada. Per a prendre un criteri de referència (no tenint les dades de fòsfor de composició de cada element que seria el desitjable), es pren els MJ d'energia metabolitzable de cadascun dels productes. En el cas del maneig convencional s'ha de tenir en compte que hi ha la pastura que pot venir d'altres municipis. Així s'acaba obtenint un factor que oscil·la entre 0 i 100 i que indica quina part de l'alimentació prové a nivell local, que està a la columna O41:76 de la fulla LDIETS – Local balance. Aquest factor s'aplica sobre els nutrients que provenen de l'excreta.
 - 64.3 El factor d'autosuficiència municipal es calcularà doncs sumant la part de nutrients que provenen a nivell local dels enterraments i de l'excreta (multiplicada per la part de la dieta animal provinent a nivell local) i dividint-los per totes les aportacions que s'han fet (enterrament, excreta i fertilitzants minerals). És important considerar totes les aportacions i no només les necessitats, ja que sinó per la sobrefertilització que es dona en alguns casos, podria semblar que s'està fent una millor recirculació quan en realitat es tracta d'un procés ineficient.

64.4 Així es pot calcular finalment la taula que serà la base de l'indicador E1A. Aquesta taula és la A276:S313 que està a la fulla NB – Balanç nutrients i indica la quantitat total de Fòsfor recirculat que és d'origen municipal (fòsfor disponible) i aquell que s'ha aportat (fòsfor aportat).

65. En el cas del maneig ecològic, el procediment és diferent en els passos 61 i 62. Un cop incloses les aportacions per enterraments (pas 60), el procediment lògic que s'estableix és que primer es satisfan les necessitats de nitrogen, després de fòsfor i finalment de potassi. L'argument és que per al cas del nitrogen no hi ha fertilitzants minerals que es puguin aportar i per tant s'ha de fer quelcom més costós com és la importació de fems des de l'exterior del sistema.

65.1 El primer que es fa és aportar doncs l'excreta municipal disponible al bloc de cultius d'horta, flor, herbaci de secà i herbaci de regadiu. La distribució és proporcional a les necessitats.

65.2 En segon lloc, una vegada distribuïda l'excreta municipal es comprova si hi ha municipis que els resti excreta i aquesta es divideix a nivell de tota l'àrea metropolitana proporcionalment de nou a les necessitats.

65.3 Si després d'aquesta distribució de l'excreta a escala metropolitana, encara hi ha necessitats de nitrogen pendents de ser satisfetes, es passarà a importar excreta des de fora de la pròpia àrea. Això es deu a què no hi ha fertilitzants minerals per al nitrogen que es puguin aplicar segons els criteris del CCPAE. Per això, importarem fem que tingui una composició equivalent a la composició del fem de l'AMB (és per això que s'utilitzen els mateixos factors provinents de L – Excreta). La distribució, de nou, es fa per blocs de fertilització (primer herbacis, després llenyosos).

65.4 Aleshores s'aplica el pas 63 però només per al cas del nitrogen.

65.5 Després de reproduir el procés per al llenyós, es comença el balanç de P. Per a aquest s'ha de tenir en consideració les aportacions que ja s'han fet en el balanç de nitrogen. Així, es tradueixen les dades d'aportació d'excreta municipal, AMB i importacions externes a P. El càlcul per a l'aportació de P de l'excreta municipal es fa a través de la composició de l'excreta municipal en el primer cas (és a dir, tenint en compte la proporció P/N de cada municipi). Per al segon cas, es fa a partir de la composició P/N de l'excreta sobrant un cop feta la distribució municipal inicial (a la taula BY122:BZ161 de la fulla del balanç s'obtenen aquestes proporcions). En el tercer cas, donat que s'estima una composició de l'excreta importada equivalent a la composició de l'excreta de l'AMB, es prenen els valors de L – Excreta, concretament del C58/C59. El criteri serà el mateix (però amb K en comptes de P) quan es faci el balanç de potassi.

65.6 Hi ha moltes columnes que són 0 que estan preparades per si en algun cas encara sobrés fem després del procés de distribuir el N inicial i així poder fer nous repartiments d'excreta per tal de satisfer les necessitats de P i K.

65.7 Un cop definit el balanç després d'aportar l'excreta que s'ha aportat en el procés de distribució de fertilitzants per el nitrogen, es comprova si encara hi ha necessitats de P. Si és així, l'aportació

estimada és en forma de sulfat alumínic-càlcic. Cal recordar que aquestes dades estaran en necessitats de P elemental i per tant per estimar la quantitat de fertilitzant normalment prendrem la referència de la mol·lècula de P_2O_5 (el què implica multiplicar la dada de kg de P fertilitzant per un factor de 142/62 quan sigui necessari).

- 65.8 En el cas del potassi, es repeteixen els passos 65.5 i 65.6 però ara calculant-ho en termes de K.
- 65.9 Per a satisfer les necessitats restants, es procedeix a determinar els kg de K que es necessitaran en forma de sulfat potàssic. De la mateixa manera que s'explica al pas 64.7 per al fòsfor, en aquest cas, per passar de K elemental a la mol·lècula K_2O , el factor pel que s'ha de multiplicar és 94/78.
- 65.10 Per últim, és necessari recalculer el factor d'autosuficiència del pas 64. El càlcul parteix conceptualment del mateix punt. Per a calcular l'alimentació animal que prové a nivell local en aquest cas els càlculs estan fets a LDIETS – Local balance B558:594 i parteixen també de les dades en MJ EM. Tanmateix, com que aquí s'està limitant la dieta animal a satisfer tant sols el 60% de les necessitats a l'AMB (pas 35), cal multiplicar el factor resultant per 0.6 ja que és tant sols la fracció de dieta que els estem donant als animals (donat el sobredimensionament de la cabana ramadera). El càlcul es fa directament només per al cas de P que és en el fons el que ens dona la referència al ser el factor limitant en el cas del maneig convencional. Això permetrà calcular la taula d'E1A del pas 64.

10. IMPORTACIONS EXTERNES

10.1 FERTILITZANTS

Bases de dades de partida: Estimació de fertilitzants emprats (subapartat 9.4) i dades de consum energètic per a la producció de fertilitzants (E. Aguilera, Guzmán, Infante-Amate, et al., 2015).

66. Disposem de la informació en N, P i K de fertilitzants utilitzats de l'apartat 9.4 que es troben a la fulla de NB – Balanç nutrients. Aquestes dades per coberta les passem a N, P_2O_5 i K_2O per tal d'estimar quin és el seu consum energètic per a la producció (multiplicant per 142/62 en el cas dels fertilitzants fosfòrics i 94/78 per al cas dels potàssics, no així en el cas del nitrogen que les dades es donen en forma de nutrients elementals).
67. En el cas del nitrogen però si que la quantitat de fertilitzant necessari es divideix per 0.9 per tal d'estimar el 10% de pèrdues per volatilització que s'estimen a Intergovernmental Panel on Climate Change (2006b).
68. Aquests valors es multipliquen per l'energia necessària per a disposar dels fertilitzants segons les dades d'Aguilera et al., 2015. En el cas dels fertilitzants NPK cal tenir en compte que es necessita l'energia respectiva al nitrogen, fòsfor i potassi respectivament, el què implica tres comptabilitzacions diferents a l'hora d'obtenir la quantitat total d'energia. Els càlculs es fan a nivell de coberta (tenint en compte doncs que dins d'hivernacle hi ha horta i flor).

10.2 HERBICIDES I PESTICIDES

Bases de dades de partida: Estadística quinquennal d'utilització de productes fitosanitaris en agricultura per 2013 (<http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/estadisticas-medios-produccion/fitosanitarios.aspx>), Superfícies de cultiu per 2013 (<http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/superficies-producciones-anuales-cultivos/>)

69. En aquest cas només es disposa d'informació quinquennal del consum de productes fitosanitaris i per a determinats cultius (blat, ordi, hortalissa, olivera, cítrics i vinya). Així doncs, la resta s'hauran d'estimar en base a aquests cultius que malgrat tot representen el 50% de la superfície cultivada. Així, les dades de blat s'extrapolaran a civada, el sègol i el triticle. Les d'ordi a totes les lleguminoses, farratges i patates. Les de cítrics a la resta de fruita. Les d'olivera també al garrofer, noguera i ametller i les de vinya tant sols a la vinya.
70. Un cop es desgrana tota l'estadística de 2013 entre herbicides, fungicides, insecticides i altres, es calcula quina és la contribució energètica extraient-ho de Aguilera et al., (2015) per a la majoria de fitosanitaris. Les dades estan a les taules de la fulla EI – Biocides base. D'aquí s'obté que les contribucions són 297 MJ/ha per ordi, 1441 MJ/ha per hortalisses, 618 MJ/ha per oliveres, 2339 MJ/ha en cítrics, 2004 MJ/ha en vinya i 253 MJ/ha en blat. Aquestes dades s'obtenen de les informacions a escala estatal de consum d'herbicides, fungicides i d'altres elements per al control fitosanitari, dividint-les pel total d'hectàrees de cada cultiu i aleshores multiplicant-los pels valors d'Aguilera et al. (2013) d'intensitat energètica.
71. Posteriorment es divideixen els herbicides i pesticides per cobertes per tal de poder fer el càlcul territorialitzat, tenint en compte les dades anteriors.

10.3 MAQUINÀRIA

10.3.1 MAQUINÀRIA AGRÍCOLA

Bases de dades de partida: Dades de maquinària propietat exclusiva de l'explotació per 1999 a escala municipal (<http://www.idescat.cat/pub/?id=censag&n=159&by=mun>), Utilització de maquinària que no és propietat exclusiva de l'explotació per 2005 (<https://www.idescat.cat/pub/?id=expagr&n=7963>) i Dades de maquinària propietat exclusiva de l'explotació per 2013 a escala de Catalunya (<https://www.idescat.cat/pub/?id=expagr&n=588>).

72. Iniciem l'estudi a partir de les dades del cens agrari de 1999 que donen informació per a cada municipi però tant sols per a aquells que són de propietat exclusiva de l'explotació. Per la seva banda, les dades de 2005 sobre propietat no exclusiva de l'explotació donen compte de les altres màquines que són necessàries si bé a nivell de Catalunya. Amb les dades conjuntes de 2013 i la maquinària que no és propietat exclusiva de l'explotació per l'any 2005 es pot estimar com pot ser el parc de maquinària a escala municipal. El procediment és el que s'indica en els subpassos següents (veure càlculs a les fulles EI – Maq AGR Evolució

i EI – Maq AGR Estimada). Disposàvem d'informació dels nous registres per a cada any, però al desconèixer quina és l'edat mitja del parc de maquinària considerem que la seva utilització podria donar més lloc a equívocs que considerar les dades estimades de 2013 extrapolades per a 2015.

72.1 Prenem les dades a nivell català de propietat exclusiva de l'explotació per 1999, 2005 i 2013. Entre 2005 i 2013 podem veure quina és la tendència i extrapolar-la per a 2015. Així tenim les dades estimades de maquinària propietat exclusiva de l'explotació per 2015. A la vegada, per 1999 i 2005 tenim dades de composició interna dels tractors segons CV, essent possible establir els canvis en les tendències en la composició i extrapolar-ho fins a 2015.

72.2 A aquestes dades a nivell català cal afegir-hi les dades per 2013 de maquinària de propietat no exclusiva de les explotacions, el què ens permetrà, sumat a les dades anteriors i estimant una composició dels tractors similars, tenir l'estimació a nivell català del parc de maquinària per a l'any 2015.

72.3 Això ens permet calcular el factor de correcció que cal aplicar a la maquinària per a 2015 a partir de les dades municipals per a 1999 (pas que es pot observar a la fulla EI – Maq AGR Estimada).

73. Un cop es disposa de la informació caracteritzada a escala municipal, el següent pas és calcular quina és la despesa energètica mitja per hora d'ús de maquinària (MJ/h). Es caracteritza obtenint un valor mig de tres categories de maquinària diferent: tractor amb arreu, motocultor i recol·lectores.

73.1 Les dades de vida útil, anys, potència i pes de la maquinària es prenen de Guzmán, García, Alonso, & Perea (2008)

73.2 Les dades de cost dels materials, de manufactura i de manteniment són estimades a partir de les dades d'Aguilera et al., 2015. I en relació al consum de gasoil es pren també la dada de la mateixa font de 0.30 l/Kwh i una càrrega estimada del 75% en les cubes i tractors.

73.3 Per al cas del motocultor i la recol·lectora el càlcul és senzill i es basa en considerar els costos, manufactura i manteniment de cadascuna. Per al cas del tractor amb arreu s'ha d'agafar un valor mig considerant tant el cost del tractor com el de l'arreu (s'estima doncs, que sempre que s'usa un tractor és amb algun element complementari, ja sigui remolc, empacadora o qualsevol altre). Es fa la suma doncs de dos factors: hora de tractor + hora d'arreu. Per a la ponderació dels valors es té en compte la vida útil, el nombre de màquines de cada tipologia i el seu cost mig en MJ/h.

74. A continuació es calculen les necessitats de maquinària per superfície de cultiu en base a les informacions de Eduardo Aguilera et al., (2015a, 2015b)

75. Totes aquestes hores gastades segons el definit al pas 74, s'han de distribuir entre la maquinària recol·lectora, motocultors i tractor amb arreu. Es considera que en els cultius que es recol·lecten (cultius herbacis de secà), la recol·lecció correspon aprox al 50% de l'ús de maquinària. Per al motocultor s'estima que la seva contribució és del 50% de les hores a l'horta i del 100% en la flor. Finalment, tot el restant seran hores de tractor amb arreu.

76. Així, es multipliquen les hores de cada maquinària pel factor obtingut al pas 73 i s'arreglen els valors per coberta per obtenir la taula final de consum per coberta d'A1:K37.

10.3.2 MAQUINÀRIA FORESTAL

Bases de dades: Anuari estadística forestal 2010

(http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/aef_2010_produccion_tcm30-132173.pdf),

77. De les dades de preus percebuts de tractaments silvícoles s'obté que per al Pinus halepensis per trituració es perceben 29 €/m³, que són uns 47 €/t i de la llenya de Quercus ilex s'obtenen 23 €/t. Tot plegat permet fer una estimació d'uns 31.4 €/t ja que el 65% de les extraccions són de fusta i el 35% de llenyes (en base a les dades de producció de 2015).
78. D'aquests costos, cal definir quina part va destinada a la maquinària. Utilitzant les dades de costos per a fusta de trituració del CPF (2005), un 17% dels costos van per a trituració, desbrancament i trossejat (peó amb motoserra a 11.74 €/hora;), un 28% per desembosc i arplegament (tractor agrícola + remolc + grua a 31.47 €/hora) i un 27.5% per a transport (camió de transport). Això, utilitzant les dades de cost de la maquinària (Arnó and Vilalta, 2003) impliquen 0.45 hores de motoserra, 0.28 hores de tractor remolc amb grua i 0.16 hores de camió tractor per tonelada recollida.
79. Un cop aquí cal estimar els costos associats a la maquinària. Les dades de pesos de la maquinària s'extreuen d'internet en base a les informacions de les pròpies marques plantejades a Arnó i Vilalta (2003) mentre que les estimacions de raw materials i altres s'extreuen de les mateixes fonts que al pas 73.

10.4 DISTRIBUCIÓ D'AIGUA

Bases de dades de partida: Quantitat d'aigua utilitzada per ha (subapartat 13.6 del Balanç hídric)

80. S'agafen les dades de la fulla AIGUA – Entrada balanç (que s'han obtingut al pas 173). Aquestes dades són tant sols per aquelles cobertes que s'estima que estan regades.
81. Les dades es multipliquen per la superfície de cada coberta i pel factor de consum energètic per cada metre cúbic d'aigua. Per a l'aigua consumida estimada, s'aplica el factor de 6610/20360 GWh/Mm³ calculat amb el balanç de fertilització de 1999, que s'ha de passar de W a MJ amb el factor de 3.6 MJ/kWh i tenir-hi en compte les pèrdues energètiques associades a la producció d'electricitat per un valor del 63.5%. A la vegada també es té en compte l'eficiència en l'ús del reg a partir de l'estimació de quin tipus de reg es fa (localitzat, aspersió o manta) per a cada coberta (valor que s'hauria de millorar en quant tinguem informació territorialitzada per finca). Aquestes darreres dades venen de l'estudi de l'Agència Catalana de l'Aigua (2014) sobre eficiència en la gestió del reg.

10.5 TREBALL

Bases de dades de partida: Cens agrari 2009 (<https://www.idescat.cat/pub/?id=censag&n=5224>), Població ocupada per 2015 i 2009 a partir del municipi en xifres (<https://www.idescat.cat/emex/>).

82. La metodologia emprada per al càlcul de l'energia incorporada amb el treball és la mateixa proposada en el projecte SFS. Es tracta d'un càlcul que es basa en les jornades treballades del cens agrari de 1999. Tanmateix, cal adaptar aquestes dades a les jornades estimades per a l'any 2015. Per tal de fer-ho es comprova en primer lloc que a escala de Catalunya hi ha una relació directa entre persones amb contracte i jornades amb una relació R^2 de 0.68 i una pendent de 92.8.
83. S'extreuen les dades del cens agrari a escala municipal de quantitat d'UTA per a l'any 2009. Aquestes són les dades de la columna F de la fulla EI – Treball. Aquestes dades es comparen amb el declarat de població ocupada per 2009 en l'àmbit agrari. Aquestes dades només serviran per estimar els dies de jornada anual, que s'obté un valor de 226 dies/UTA (cel·la F40 de la fulla EI – Treball).
84. S'estima la quantitat d'UTA a nivell municipal per a l'any 2015 i s'aplica el factor de 50.47 MJ/jornada calculat per a l'any 1999, que incorpora no sols l'energia consumida sinó també la incorporada en el procés de producció (Padró et al., 2017).
85. Per al treball en forest es considera que una UTA pot produir 388 t/any (segons les informacions d'estadístiques l'any 2010 hi havia 25027 ocupats al sector forestal a tot l'Estat, que van extreure 19.419.070 m³ amb escorça; aplicant un factor de 0.5 t/m³ de densitat s'obté que s'extreuen un total de 388 t/any). Com que es requereixen 8 hores i 220 dies de treball per a fer una UTA, això vol dir que per tonelada s'estan incorporant (sabent que el càlcul és 50.47MJ/jornal) 11.13 MJ.
86. A nivell de separació entre el treball a l'agricultura i a la ramaderia, i també ja adaptant-ho per a les cobertes, es calcula quina és la quantitat de treball que s'introdueix per a cada bé fons i aleshores es divideix la quantitat de UTA per aquests, en base a la informació de la Xarxa Comptable Agrària de Catalunya (2010). De cara a passar la informació de l'AXAC a hores, es pren la informació de la renda de referència agrària (que per 2015 és de 28051 €) i el salari de peó (11095.61 €/UTA). Segons l'AXAC les dades de treball familiar s'estimen amb la renda de referència agrària per al cap de l'explotació i amb salari de peó per a la resta. De mitjana a Catalunya els titulars són 20439 UTA i els altres familiars suposen 11688 UTa. Així doncs, s'estima que la renda mitjana familiar és de 21883 €/any per UTA. Aquest és el factor per transformar el treball familiar. Per a tota la resta de treballs pagats es considerarà salari de peó. D'aquí s'obtindrà doncs les dades d'UTA (en anys) per a cada tipus de coberta, que són les UTA/ha que es mostren a la fila 3 d'EI – Treball UTA per a cada coberta i per a cada espècie animal.
87. Així, a partir d'aquestes dades s'obté el nombre de jornades (multiplicant-les pel factor obtingut al pas 83) que hi ha per coberta. Aquestes es multipliquen pels factors obtinguts als passos 84 i 85. I així s'acaben obtenint els valors de la taula BT4:CB39 de la fulla EI – Treball UTA que són les aportacions en MJ de treball de cadascuna de les cobertes.

10.6 ENERGIA DE LA IMPORTACIÓ DE PINSOS

Bases de dades de partida: Informació de comerç del DATACOMEX (<http://datacomex.comercio.es/>), Balanços de gestió de cereals (<http://www.mapama.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/cultivos-herbaceos/cereales/balances-de-gestion-de-cereales/>) i estadístiques pesqueres per a l'any 2015 (<http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-pesqueras/>)

88. La importació com se sap és una part important de la despesa energètica. Així, fem càlculs de quina és l'energia incorporada als aliments per la importació i manufactura dels pinsos segons els diferents elements. Per a aquells productes que s'han de consultar a les dades estadístiques d'importacions i exportacions els codis són 044 per al blat de moro, 06159 per a la melassa de remolatxa, 08131 per a la farina de soja, 043 per a l'ordi, 08133 per a la llavor de cotó i 08142 per a la farina de peix. Totes aquestes importacions i exportacions porten a la construcció de la taula C2:O28 amb els percentatges de cada tipologia d'origen i transport de cadascun dels inputs d'alimentació animal a la fulla EI – Energy distances.

88.1 Palla de blat: Es considera que la seva procedència és local o regional. Es descompta la part que sí que es pot proveir d'entorns locals i es considera la importació regional (143 km de mitja) per a la resta.

88.2 Segó de blat: Ídem que amb la palla.

88.3 Farratge d'alfals: També es considera procedència regional.

88.4 Greix d'animals remugants i farina de girasol: Són productes dels que se'n disposa grans quantitats a nivell de Catalunya i que són una petita part de l'alimentació de la ramaderia. Per tant no es considera prioritari mesurar-ne la procedència.

88.5 Blat de moro: No se'n produeix a l'AMB. Es considera importat en base al consum aparent de l'Estat. El consum aparent és de 9878 Mt i les importacions són de 5385 Mt pel què el 54.5% són importacions. El 76% ve per via marítima (69% Ucraïna, 16% Romania, 15% Brasil) i el 24% per carretera (França)

88.6 Ordi: Se'n produeix molt a nivell estatal i també regional. El consum intern és de 11194 Mt i les importacions tant sols són de 784 Mt, és a dir un 7% del total. D'aquests, el 78% ve per via marítima (50% Regne unit, 29% Ucraïna, 13% Alemanya, 8% França) i el 22% per carretera (França té el 82% i Regne Unit el 17%).

88.7 Melassa de remolatxa: La producció principal és a Castella i Lleó principalment suposant l'any 2013 un 86.5% de la producció estatal i resultant les importacions poc més del 5%. Així doncs es considera procedència estatal.

88.8 Llavors de cotó: Segons les dades de Bilbao et al. (2004), de la producció de cotó, el 52% és el pes de la llavor que després es converteix en massa per a alimentació animal. La producció a l'Estat l'any 2015 va ser d'un 0.185 Mt. Segons el DataComex s'exporten tant sols 178 t l'any 2015, pel

què es considera despreciable aquest volum de negoci. Les seves importacions són també mínimes, pel què es considera que es consumeix del propi Estat.

88.9 Farina de soja: Se'n produeixen tant sols 4106 t (és a dir 0.004 Mt). Així doncs tot es consideraran importacions. Les importacions són principalment marítimes, essent un 66% provinents d'Argentina, el 21% de Brasil i el 13% dels EUA.

88.10 Oleïnes: Considerem les mateixes procedències que en la farina de soja.

88.11 Farina de peix: Segons les estadístiques pesqueres se'n produeixen unes 42,274 t i se n'exporten 33,250 t. En quant a les importacions, aquestes comptabilitzen per un total de 37242 t, pel què el 80,5% aparentment (suposant que no hi ha estoc) són importacions. D'aquestes, un 64% són per via transport marítim (34% de Xile, 17% de Mauritània, 15% de les Illes Feroe, 12% de Noruega, 11% de Sudàfrica i 11% de Perú) i un 36% per carretera (31% d'Alemanya, 29% de Portugal, 20% de Letònia i 20% de Dinamarca).

89. Pel què fa al càlcul de distàncies comercials, s'utilitzen dades cercades de principals ports d'exportació i es calculen amb la eina de <https://sea-distances.org/>. En relació a les carreteres es fa amb el google maps buscant els principals punts d'origen i destí. Aquestes dades queden resumides a la taula A32:F56 de la fulla EI – Energy distances. Aleshores s'apliquen uns factors de consum energètic d'energia primària. Les dades provenen de Pérez Martínez & Monzón de Cáceres (2008) i són d'un consum mig de 0.22 MJ/km·t de transport i 2.12 MJ/km·t en el cas del transport per carretera.

90. Finalment, cal afegir-hi a més a més també tant l'entalpia dels productes importats (amb les dades base del GCV) i l'energia per a la manufactura dels pinsos. Segons Asociación Galega de Cooperativas Agro-alimentarias (2010) el consum mitjà de la producció d'una tona de pinso és de 27.12 KWh, que a una relació de 3.6 MJ/KWh vol dir una aportació de 97.63 MJ/t de pinso. Considerant que tot l'aliment és consumit com a pinso, exceptuant la palla de cereal, s'aplica aquest factor energètic. D'aquí s'obté doncs la dada final per coberta d'EI – Feed imports.

10.7 CONSUM ENERGÈTIC DE LES INFRAESTRUCTURES

91. Calculem el consum d'energia de la ramaderia. Per a fer-ho utilitzem les següents estimacions

91.1 En el sector porcí, segons Lavola (2008), es consumeixen 35.4 KWh/cap produït de gasoil i 13.6 KWh/cap produït d'electricitat. Tenint en compte que els cicles d'engreix són de 18.8 setmanes, això suposa uns 2.77 cicles/any i per tant s'hauran de multiplicar els valors de consum d'energia per obtenir la despesa energètica del manteniment al llarg de l'any de un cap.

91.2 Per a la producció bovina de llet, el consum elèctric correspon a 516 KWh/vaca·any i el de gasoil són 2,317 KWh/vaca·any (Bartolomé et al., 2011). Per tal de fer una estimació de quin és el consum en boví de carn, s'extreu d'aquest consum l'energia emprada en el munyiment és de 475

KWh/vaca·any (Irimia et al., 2012), de tal manera que resten 41 KWh/vaca·any i 2,317 KWh/vaca·any de gasoil.

91.3 En el cas d'oví i caprí s'empren les dades d'una auditoria realitzada a Toledo (Gil and del Pino, 2011) en una explotació ovina de llet amb 2,500 caps. En aquesta el consum de gasoil fou de 23,618 litres/any i l'elèctric de 11,600 KWh. Considerant que el gasoil té un valor de 10.1 KWh/l això suposen 238,541.8 KWh/any. Suposant valors per cap, aquests són de 95.42 KWh/cap·any de gasoil i 4.64 KWh/cap·any elèctrics.

91.4 Del sector avícola se n'estimen els consums a partir de l'informe de la Fundacion Entorno (2006). Així es consumeixen de mitja uns 2.88 Wh/au·dia en total, corresponents el 43% distribució de l'alimentació, 17% en ventilació, 17% en il·luminació i 23% en conservació dels ous. Això representa un total de 1.0512 KWh/au·any. Considerant que, tal i com s'indica en l'informe, la major part de l'energia és elèctrica, es comptabilitzarà que tots els 1.0512 KWh/au·any provenen de la xarxa elèctrica. En el cas del sector de la cunicultura estimarem el mateix factor que per a l'avícola.

92. A aquests consums cal sumar-los l'energia afegida en forma d'energia primària per a la producció d'energia elèctrica o per al transport del gasoil fins al punt de consum. A partir d'un anàlisi de la procedència de l'energia elèctrica a Barcelona (Barracó et al., 1999) s'obté que l'eficiència del sector elèctric és del 36.5% (implica doncs un 63.5% de pèrdues). Per al cas del gasoil s'empren les dades de producció i importació estatal de petroli per a estimar-ne el transport. Segons (FECYT (2002), en total es produeixen 223,000 t de petroli a l'Estat i se n'importen 57,457,000 t de l'exterior, essent els principals punts d'importació Líbia, Nigèria i Argèlia (40%), Arabia Saudí, Iran i Irak (30%), Regne Unit (7%), Rússia (7%), Mèxic (8%) i Venezuela (8%). Suposant a tot arreu un transport marítim, això vol dir 0.22 MJ/km·t (Pérez Martínez and Monzón de Cáceres, 2008). Al resultat final de km se li ha aplicat un factor que corregeix a la baixa els km totals donat que hi ha una petita part de la producció que és estatal.

93. Amb els factors obtinguts als dos darrers passos, es pot estimar els MJ per plaça ramadera i s'obté la taula a El – Energy animals de A1:N38.

10.8 HIVERNACLES

94. Per als hivernacles s'utilitzen les dades d'Aguilera et al. (2015) de la taula 11.5 de la referència sobre el Multitunel, segons els quals es requereixen uns 468.000 MJ/ha i any.

11. EMISSIONS DE GASOS D'EFFECTE HIVERNACLE

El càlcul de les emissions de gasos d'efecte hivernacle pren com a referència l'estudi fet per a l'Estat Espanyol d'Aguilera en què es detallen les metodologies que es descriuen en aquest apartat 11 (Aguilera, Guzmán, & Alonso, 2015a, 2015b). El balanç consta de 8 blocs: maquinària, crema de biomassa, fertilitzants, fitosanitaris,

aigua, hivernacles, fixació al sòl (balanç de carboni) i balanç de N_2O . Aquests són doncs els subapartats que es presenten a continuació. Per ara els càlculs es limiten a detallar les emissions de l'agricultura. No consideren doncs ni la resta d'espais oberts de la infraestructura verda, ni el paper que juga la ramaderia (més enllà de la provisió d'excreta que si que es considera part de les emissions de fertilitzants i a N_2O).

11.1 MAQUINÀRIA

95. En primer lloc calculem quines són les emissions de CO_2 equivalents de l'amortització del procés de posada en marxa i manteniment de la maquinària a la fulla GhE – Maquinària. Aquests valors provenen d'Aguilera i permeten identificar per a cada tipus de maquinària els costos en kg de CO_2eq per a cada kg de maquinària, un valor que oscil·la entre 4.7 i els 8.5 kg de CO_2eq per kg. D'aquí, en base a les hores de vida útil i el pes de la maquinària podem obtenir les emissions en kg de CO_2eq per cada hora d'ús de la maquinària, uns valors que oscil·len entre els 0.1 kg CO_2eq/h en el motocultor als 5.2 de les recol·lectores.
96. Així, multipliquem aquest valor de kg CO_2eq/h per les hores estimades d'utilització de maquinària agrícola d'hores d'ús de cadascuna de les tipologies de maquinària (motocultors, recol·lectores i tractor amb arres) obtingudes al subapartat 10.3.1.
97. En segon lloc cal tenir en compte a part de la pròpia amortització de la maquinària, el consum de combustible fòssil. Aquest consum també depèn òbviament del tipus de maquinària i és una dada que ja s'havia obtingut a l'apartat 10.3.1, i es pot calcular per als tres tipus (agregant, en el cas del tractor i els arres, els seus valors corresponents). El què fem ara és utilitzar aquests l/h per multiplicar-los per les hores d'ús efectiu i a través del factor de 3,14 kg CO_2eq/l de dièsel (d'Aguilera) obtenir les emissions associades.

11.2 CREMA DE BIOMASSA

98. La biomassa cremada genera emissions de CH_4 que tenen un potencial efecte hivernacle superior al CO_2 i per això s'estima que aquestes emissions si que s'han de comptabilitzar (no així amb les emissions associades de CO_2 de la combustió que no tindria sentit comptabilitzar-les en tant que és un balanç net de 0 emissions donat que aquest carboni que s'allibera havia estat prèviament incorporat a la biomassa vegetal). Així, a la fulla GhE – Biomass burning el primer que es fa és recollir els kg de matèria seca que es cremen. Cal recordar que el waste pot incloure també en alguns casos, com en l'horta, que hi hagi una part que s'envia a abocador i per tant no tot waste es crema (veure taula 2). A part d'aquests waste cal considerar també la part cremada per incendis (pas 29). Se assumeix que los restos de la porción de huerta en invernadero no se queman. Tampoco se queman restos de cultivos herbáceos
99. Aquests kg de matèria seca que es cremen generen unes emissions de CH_4 de 2.7 g/kg de ms cremada. Aquests grams tenen un poder d'escalfament global 25 vegades superiors al CO_2 , pel què amb aquests dos factors (d'Aguilera i IPCC) es pot estimar les emissions totals de metà per la crema de biomassa (també

es calcularan posteriorment en el balanç de N_2O , al subapartat 11.8 les emissions per la crema de biomassa però en aquesta altra mol·lècula).

11.3 FERTILITZANTS

100. Per als fertilitzants es considera l'aportació dels fertilitzants sintètics i orgànics en base als seus processos de producció i transport. En el cas dels fertilitzants orgànics al ser la seva producció local i en qualsevol cas a través de processos naturals, no es consideren emissions de CO_2 . Començant pels fertilitzants minerals i orgànics a la vegada, el primer que fem és estimar la seva càrrega incorporada d'emissions per la seva producció. Així doncs, s'agafa la quantitat de fertilitzant que s'ha utilitzat en termes de principi actiu i es calcula la taula que es troba a A349:CB384 de la taula GhE – Fertilitzants. Aquesta taula també inclou els fertilitzants orgànics en kg de matèria seca.
101. Les equivalències per a estimar les emissions de producció són de 4.24 kg CO_2eq/kg N en urea, 4.64 en nitrat amònic i 5.71 en fertilitzants NPK. Per als fosfòrics és de 0.78 kg CO_2eq/kg P_2O_5 (cal doncs aplicar el factor de 142/62 per passar les dades del balanç de nutrient en P a P_2O_5) i de 0.53 kg CO_2eq/kg K_2O (aquí aplicant el factor de 94/78). En canvi, com ja s'ha dit, els fertilitzants orgànics no tenen emissions de producció.
102. Per tal d'estimar el cost del transport hem de passar de principi actiu a kg totals de fertilitzants. Aquests valors es treuen dels principals fertilitzants de Fertiberia (46% N en Urea, 27% N en Nitrat amònic, 18% P_2O_5 en Superfosfat i 51% K_2O en Sulfat potàssic) i de les vendes anuals de fertilitzants de 2015 segons les quals es pot estimar (de forma molt general perquè s'indiquen les categories de venda de fertilitzants segons composició de nitrogen) que la composició mitjana de nitrogen dels productes NPK era d'un 12.74% aproximadament. Això permet doncs fer una estimació de la quantitat de quilos totals de fertilitzant.
103. Un cop es disposa dels kg de fertilitzants (també dels orgànics que ja estaven des del pas 100 en kg de matèria seca), s'utilitzen uns factors (també d'Aguilera) que són de 0.0375 kg CO_2eq/kg de fertilitzant sintètic (estimant un transport total de 300 km aproximadament) i de 0.0038 kg CO_2eq/kg de fertilitzant orgànic (estimant un transport total de 30 km aproximadament). Excreta fuera AMB =150km
104. Es sumen doncs els valors del cost de producció dels fertilitzants sintètics (pas 101) i el cost del transport dels fertilitzants orgànics i sintètics (pas 103).

11.4 FITOSANITARIS

105. Amb les dades de fitosanitaris que s'han explicat al subapartat 10.2, s'utilitzen els factors d'Aguilera sobre les emissions de CO_2eq/kg en funció de la coberta i s'estimen les aportacions per a cadascuna d'elles, distribuïts entre les contribucions d'herbicides, pesticides, insecticides i d'altres.

11.5 AIGUA

106. Les dades de consum d'aigua que s'han aportat a AIGUA – Entrada balanç serveixen com a base per saber els requeriments d'aigua de cadascuna de les cobertes i poder estimar els costos d'emissions associats a la distribució d'aigua.
107. Es passen aquestes dades d'aigua que efectivament arriba a la planta a aigua utilitzada a partir del factor d'eficiència de cadascuna de les metodologies de reg, les mateixes emprades al subapartat 10.4. Aquestes dades de reg total es multipliquen per un factor molt similar emprat a l'altre subapartat però en aquest cas passant les dades de MJ a KWh per obtenir els consums d'energia elèctrica.
108. Aquest consum d'energia elèctrica es multiplica pel mix elèctric a l'Estat de l'any 2015 que és de 0.28 kg CO₂eq/KWh. S'obté d'aquesta manera les emissions per a cada hectàrea regada.
109. Finalment, a aquest valor obtingut al pas 108 cal sumar-hi també les emissions derivades de la instal·lació de reg. Per a aquesta instal·lació s'utilitzen els factors d'Aguilera segons els quals les emissions associades són de 34.46, 143.55 i 311.3 kg CO₂eq/ha per a reg a manta, aspersió i localitzat respectivament.

11.6 HIVERNACLES

110. El següent pas és la caracterització de les emissions associades als hivernacles. Segons les dades d'Aguilera, s'ha de diferenciar entre aquells hivernacles que tenen sola de ciment i els que no. Es considera que en el cas dels hivernacles d'horta l'hivernacle només comptarà amb el plàstic i les varilles i en canvi en la flor si que també s'inclou la sola de ciment. La diferència és doncs que mentre per a l'hivernacle sense ciment (en donde està la huerta) les emissions estimades són de 3972 kg CO₂eq/ha, en el cas de l'hivernacle amb sola de ciment (los de plantas ornamentales) les emissions pugen fins a 5881 kg CO₂eq/ha.

11.7 FIXACIÓ AL SÒL

111. La fixació de carboni al sòl és l'únic procés que pot contrarestar la resta d'emissions (juntament amb el què seria la fixació estable en coberta arbòria, que seria un procés a una escala temporal llarga, tot i que discutible també en termes de capacitat d'incidència a 100 anys vista, que és el nivell al que estem fent aquests càlculs). Per tant, el què ens fixem és en totes les aportacions que es poden fer al sòl de carboni: bàsicament per enterrament i també per fem. Què es el 0,21
112. En el cas del fem, hem de valorar quina és la composició en carboni final del fem un cop fet el procés de compostatge. A partir de les dades de l'American Society of Agricultural Engineers (ASAE, 2000) tenim els valors de carboni del fem, mentre que per al carboni de l'stall bedding estimem una composició mitja de les palles de 40.9% en carboni (dades d'Aguilera). Segons Eghball et al. (1997) les pèrdues estimades de carboni en un procés de compostatge de fems és del 45.9% del carboni inicial (és a dir, el restant és el 55.1%). Així doncs amb aquestes dades es pot construir quina és l'aportació de carboni del fem.

113. Per al cas dels residus que s'enterren el què es té en compte és també la seva composició en carboni (taula L154:M157) en base a les informacions d'Aguilera així com que, de tot el què s'aporta, un 17.1% del carboni de les palles es reté i un 30.5% en el cas dels residus llenyosos. Aleshores s'aplica també el factor de 0.5 per tal de no sobreestimar la quantitat d'aquest que restarà 100 anys després (respecte el valor inicial que seria als 20 anys).
114. El següent pas és amb les dades del pas 112 calcular quin d'aquest carboni efectivament s'incorporarà al sòl en una perspectiva temporal de 100 anys vista. D'aquest carboni aportat se'n fixa un 30.5% i de nou es multiplica pel 0.5 per a passar dels 20 als 100 anys.
115. En el model d'Aguilera es considera també la possibilitat d'ús de cobertes. Aquestes cobertes en principi aportarien una quantitat de carboni equivalent a 269.7 kg CO₂eq/ha·any, però en el maneig orgànic es considera que no se'n fan servir.
116. La suma dels valors resultants dels passos 113, 114 i 115 dividit per la superfície de cada cultiu permeten obtenir un valor de fixació (que sempre es representarà en negatiu per tal que es resti als valors dels altres subapartats d'aquest apartat 11).

11.8 BALANÇ DE N₂O

L'últim bloc de fluxos d'emissions són totes aquelles que provenen d'emissions de N₂O però que tenen orígens en pràctiques de maneig diverses: crema de biomassa, ús de fertilitzants i tipologia de reg. De nou, tots els factors emprats aquí venen de l'estudi d'Aguilera.

117. Pel què fa a la crema de biomassa, a part de les emissions de metà que s'han estimat al subapartat 11.2, també hi ha emissions d'òxid de dinitrogen per un valor de 0.07 g/kg de ms de fitomassa cremada. Aquest valor es multiplicarà pel potencial d'escalfament del N₂O que és de 298 kg CO₂/kg N₂O.
118. En l'àmbit de l'ús de fertilitzants comencem amb els fertilitzants sintètics. A partir de l'aportació total en nitrogen dels fertilitzants (que s'ha hagut de calcular en el subapartat 11.3), s'estima el 0.4% del nitrogen es converteix en N₂O. Aquí doncs per tal de passar a CO₂ equivalents s'ha de multiplicar per 468 kg CO₂eq/kg N (en tant que sigui en forma de N₂O) donat que l'emissió és de N₂O i el valor el teníem en nitrogen (i s'ha de multiplicar doncs el factor de 298 kg CO₂/kg N₂O pels 44/28 per passar de N₂ a N₂O).
119. Pel què fa als fertilitzants orgànics, aquesta estimació de conversió a N₂O puja fins al 0.5%. També aquest valor es multiplica pel factor per passar a kg de CO₂ equivalents. Aquí es comptabilitzen tant els fertilitzants en forma de fem com en forma d'enterrament de biomassa.
120. Per últim hi ha una nova font d'emissió que és similar a la de l'aplicació dels fertilitzants i que depèn del grau d'humitat general en el que es mantenen els sòls segons el tipus de regadiu. Així, es torna a aplicar un factor d'emissió a les aportacions de nitrogen totals (orgàniques i sintètiques) que depèn de la tipologia de reg, oscil·lant entre el 0.08% quan no hi ha reg i 1.01% quan es fa reg a manta o per aspersió. Aquest valor d'emissions de N s'ha de multiplicar de nou pel factor de 468 kg CO₂eq/kg N.

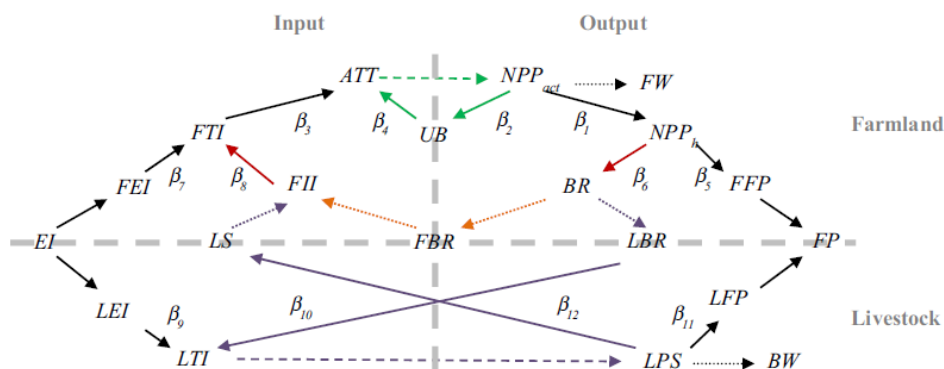
121. Així doncs el balanç global de N_2O correspondrà a la suma dels quatre valors obtinguts en els quatre passos anteriors.

12. RETERRITORIALITZACIÓ: BALANÇ ENERGÈTIC

De cara a reterritorialitzar els fluxos és necessari definir en primer lloc quines són les categories de cobertes que es pretenen utilitzar. En base a la informació del CREAM per a 2015 disposem de les següents categories que suposen interacció metabòlica agrària: Horta, hivernacles, conreu herbaci de secà, conreu herbaci de regadiu, altres fruiters regadiu, altres fruiters secà, oliveres de regadiu, oliveres de secà, vinya, vivers, matollar, prats i herbassars, bosc planifolis, bosc coníferes, plantacions, altres boscos. Així doncs, cal dividir tots els fluxos dels usos (FFP, FBR, LBR1, UB, FW, FEI, FEInR) i de la ramaderia (LFP, LS, LBR2, LW, LEI, LEInR) per a cada categoria. Aquests valors sempre es calculen en MJ.

L'integració dels fluxos de la ramaderia als càlculs per coberta requereix d'un tractament especial. Donada la manca d'un criteri general de referència espacial d'on es donen els fluxos de la ramaderia, i per tal de poder definir el graph de l'ELIA per a cadascuna de les cobertes (veure figura 3), és necessari estandarditzar clarament a qui s'imputen els costos o beneficis de l'activitat ramadera.

Figura 3. Estructura de fluxos de l'ELIA que es requereixen per disposar del graph energètic.



Es podrien observar dos supòsits generals:

- Que la ramaderia estigui correctament integrada al territori i per tant la seva activitat resulti especialment beneficiosa pel què fa a la distribució del graph. En aquest cas es podria dir que LFP seria un producte que hauria de repercutir en sentit positiu a tots aquells sòls que hagin estat contribuint a l'alimentació de la ramaderia de forma proporcional.
- Que la ramaderia no estigui correctament integrada al territori i els fluxos corresponents a la seva activitat suposin una pertorbació important de la xarxa de graph. Així, en aquest segon cas, més que estar distribuint els beneficis de l'activitat ramadera, s'estan distribuint els costos (i les externalitats negatives) associats a aquesta. I una expressió d'aquests costos és la distribució de l'excreta animal,

en forma de LS, que és el què vincula la ramaderia amb el sòl més que no pas l'alimentació animal (que és, en una part molt important, importada).

Per experiència i casos d'estudis acumulats, s'entén que a l'AMB estaríem parlant de la segona tipologia de casos. Així doncs, el què es farà serà prendre de referència els serveis de la ramaderia (LS) per tal d'estimar quins són els fluxos del subsistema ramader per a cada coberta del sòl. A continuació s'expliquen els passos per a calcular els fluxos base de l'ELIA (els indicats a la figura 2).

122. Farmland Final Produce: Aquí per a cada coberta s'inclou el què són productes finals. En el cas dels usos que no interaccionen amb la ramaderia no té més dificultat que agafar les dades directes de la fulla FP – Final produce, específicament les que estan en MJ. En el cas dels productes que sí que tenen interacció amb la ramaderia (cereals per animals, farratges, subproductes de cereals per a alimentació i llits) sí que s'ha de tenir en compte quina és la quantitat que en sobra després del balanç d'alimentació animal. Per aquests casos doncs s'haurà de tornar a la fulla de LDIETS – Local balance i posar-ne el Surplus en MJ a la taula A195:N232 (A196:I233 en el caso Orgánico). Com que en les cobertes hi ha distinció entre secà i regadiu i això és quelcom que no s'ha tingut en compte en el balanç d'alimentació, aquests excedents s'estima que es distribuiran proporcionalment segons la quantitat generada en secà i la quantitat generada en regadiu. S'ha de fer doncs aquest factor de ponderació per a distribuir-los. Pel què fa als subproductes llenyosos es tenen en compte les estimacions de quins s'enterren, quins es cremen i quins queden disponibles, que ja s'han fet a l'apartat 6. En el caso Orgánico, se debe ajustar el FFP de acuerdo a los destinos supuestos y definidos por el investigador de cada uno de los diferentes productos vegetales (ej. Incorporación de subproductos oliva y vinya como alimento, que en CONV se desechaban).

123. Farmland Biomass Reused: Aquests reciclatges de biomassa corresponen bàsicament a les llavors i els enterraments. Per a les llavors s'agafen els valors calculats al subapartat 4.2 de les llavors, es multipliquen pel seu GCV i es tenen en compte aquí només les d'origen local. Pel què fa als enterraments de biomassa s'agafen les dades des de la fulla FP – By-products de quins són els que efectivament s'enterren en base als criteris definits al subapartat 9.2 de disponibilitats per a l'enterrament. Tanto para Orgánico como Con. Debo entender muy bien el apartado 9. Porque para la territorialización es “fácil” però en los NB, podría confundirme

124. Livestock Biomass Reused 1: El LBR es pot llegir des de dues perspectives diferents segons la beta que s'hagi de calcular a l'ELIA (veure figura 2). Així, per calcular la beta 6, LBR ha de coincidir amb la biomassa que s'està generant en aquest sòl (procedent de NPPact) i que es destina a la ramaderia. En canvi, per a beta 10 el valor de LBR ha de ser coincident (en proporció en quant a la distribució dels costos totals entre cobertes) amb el flux determinant que en aquest cas és LS. Si la decisió hagués estat de fer la referència a LBR aleshores existirien dos valors de LS diferents de forma simètrica a aquest cas. Així doncs aquest LBR depèn de la quantitat d'aliment per a la ramaderia que s'ha generat a aquest sòl. Aquestes dades vindran del balanç municipal del subapartat 8.3. De nou, com al FFP explicat al pas 122, aquí s'haurà de

distribuir els consums de la ramaderia en funció de la proporció d'aliment animal generat en secà i regadiu, ponderant segons aquest criteri el consum total.

125. Farmland External Inputs – Non Renewable: Aquí es comptabilitzen tant sols els fluxos associats a energies no renovables i que són directament utilitzats en l'agricultura. S'hi sumen doncs els costos energètics dels fertilitzants químics (subapartat 10.1), d'herbicides i pesticides (subapartat 10.2), de maquinària (subapartat 10.3), energia per a l'ús d'aigua (subapartat 10.4) i hivernacles (subapartat 10.8) en funció de cada coberta.
126. Farmland External Inputs: A part dels FEInR aquí s'hi sumarà el treball (subapartat 10.5) i les llavors que no provenen de la pròpia explotació (subapartat 4.2).
127. Farmland Waste: A l'apartat 6 ja s'han definit els criteris de classificació per a cada coberta dels fluxos de fitomassa que són Farmland Waste.
128. Unharvested Biomass: De manera similar a FW, a l'apartat 5 s'ha definit el càlcul de la UB que aquí s'haurà de posar en valor de MJ a partir dels valors de GCV (com és el cas en la resta de fluxos que s'estan calculant en aquest apartat).
129. Livestock Services: Els serveis de la ramaderia en aquest cas actual consisteixen només en el fem. Aquest fem ha estat caracteritzat al subapartat 9.1 i distribuït al pas 64.2. És doncs bàsicament en funció de com és aquesta distribució que es distribuïran tots els fluxos de la ramaderia. Cal recordar però que hi ha una part de l'excreta que queda a la pastura i que correspon no només al consum que fan les ovelles i cabres de l'entorn local sinó que s'ha permès que la distribució de la pastura sigui a nivell de tota l'Àrea Metropolitana de Barcelona. És això el que dificulta en part els càlculs associats a la distribució posterior dels fluxos de LFP, LBR2, LEInR i LEI, tal com es detallarà en els següents passos. En quant als LS, per a determinar els que són de cobertes agrícoles, el que es fa és calcular un factor d'excreta localitzada que és el fòsfor aportat en cada coberta sobre el fòsfor total aportat pels fems en sòls agrícoles. Un valor doncs que oscil·la entre 0 i 1. Aquest factor es multiplica al total de kg de ms de fem que s'han generat en estables i pel seu valor de GCV per tal d'obtenir els MJ que s'introdueixen de LS a cada coberta agrícola. Per al cas d'ovelles i cabres s'agafa la quantitat d'excreta que queda en les pastures a partir del factor excreta de la fulla LDIETS – Diet capr & ov. Es multiplica aquest factor per tota l'excreta que generaran les ovelles i les cabres per obtenir els kg de fem corresponent a les cabres i ovelles de cada municipi. Però el repartiment d'aquests LS no va en funció del municipi on es generen sinó de les pastures a les que s'està pasturant. Per tant aquests valors es distribueixen en funció del percentatge de pastures (sobre el total de pastures) que té cada municipi. Obtenim així ja els LS restants i ja disposem de la informació per a cada coberta.
130. Livestock Final Produce: El producte final de la ramaderia es distribuirà doncs en base a LS i a la producció directa que si que pot oferir cada sòl.

- 130.1 A la fulla RAM – FP es fa aquesta distribució de la producció final del sector ramader segons els factors d'excreta que s'han obtingut al pas 129 per a la producció en cultius. Per a fer-ho es calcula en primer lloc quina és la producció total d'oví i caprí i quina és la de la resta.
- 130.2 Però hi ha una part d'aquesta producció que no pot considerar-se produïda a nivell d'estable, i és la que correspon a la pastura. Així, s'estima quina part del flux d'oví i caprí es pot considerar produïda en pastura segons el factor de pastura (quantitat d'aliment en ms consumit en pastura sobre les necessitats totals) i es distribueix municipalment segons la quantitat de pastura de cada municipi. La part que no es considera produïda a pastura es suma (la part que correspon a producció local en estable de cada municipi) a la resta de fluxos de la ramaderia i aquella ja sí que es distribueix segons el factor d'excreta que s'ha estimat al pas 129.
131. Livestock Biomass Reused 2: El criteri per redistribuir la biomassa reutilitzada de cada municipi que ja s'ha calculat al pas 124 es basa també en els LS. Així, es separa en primer lloc la LBR del balanç local (a la fulla LDIETS – Local balance a la taula R118:W118) que correspon a les ovelles i carpí de la LBR que correspon a la resta de ramaderia. Aleshores es reitera el pas 130.2 per a obtenir la seva distribució municipal reequilibrada segons el consum de pastura i distribuït posteriorment en funció del factor d'excreta del pas 129.
132. Livestock External Inputs – Non Renewable: Aquí es distribueixen els fluxos de el cost de transport dels pinsos (pas 89 al subapartat 10.6 d'energia de la importació de pinsos) i el consum d'energia a les explotacions (subapartat 10.7). Aquest càlcul torna a reiterar el procés explicat al pas 130.2.
133. Livestock External Inputs: El mateix tipus de càlcul que en el pas 132 s'haurà de fer per a la resta d'inputs externs que són el contingut en energia dels pinsos (pas 90 al subapartat 10.6 d'energia de la importació de pinsos) fent ús del procés explicat al pas 130.2.
134. Livestock Waste: Per últim el Livestock Waste que es pot calcular per diferència entre l'excreta emprada en cada municipi i la disponible, un càlcul que es fa a la fulla L – Excreta, taula A330:D366. Aquest valor a escala municipal no tindria sentit que es distribuís a la pastura ja que si existeix un LW aquest sí que és localitzat i s'estimarà que serà proporcional a l'aportació de nutrients dels fems per coberta. Així doncs, es torna a utilitzar el factor excreta definit al pas 129 però aquesta vegada sense haver distribuït anteriorment cap part a la pastura.
135. Un cop calculats tots els fluxos per a cada coberta i municipi (en MJ) el què es fa és dividir-ho per la superfície de cada coberta i obtenir així uns valors de MJ/ha dels fluxos de l'ELIA que seran la base posterior d'exportació dels resultats per a l'indicador B1.
136. En el cas del maneig ecològic, l'assumpció respecte el què s'explica a l'inici d'aquest apartat 12 és la contrària: es considera que el sistema està integrat i per tant el flux de referència no és ja LS sinó LBR (el què és l'alimentació de la ramaderia que prové del propi municipi). Així doncs, els fluxos de la ramaderia han de tenir en compte aquest fet.

- 136.1 Livestock Biomass Reused: Es calcularà en base a l'aportació a la ramaderia que fa cada coberta. A partir de les dades de consum intern que s'obtenen del balanç d'alimentació animal (pas 65), es calcula el seu valor en MJ i es distribueix en funció de la coberta. Aquí s'ha de tenir en compte de nou que hi ha els usos de regadiu i els usos de secà, pel què el factor que s'explica al pas 122 també s'ha d'aplicar per separar la part de LBR que ve de secà i la que ve de regadiu. En aquest cas, com que LBR és el flux de referència, LBR1 i LBR2 seran el mateix.
- 136.2 Livestock External Input non Renewable: Aquests s'obtenen a la fulla EI – No renewable a on s'agafen els costos de distància i els costos d'energia del manteniment dels animals i es distribueixen en funció de LBR. Aquesta distribució es fa senzillament multiplicant el valor total de costos de distància de tota l'AMB per un factor en tant per 1 de la quantitat d'aliments que han aportat cada coberta de cada municipi al total de LBR. Aquest factor en tant per 1 es troba a la fulla LDIETS – Local balance a la taula A753:G789 i resulta de dividir els fluxos de MJ EM mitjos (segons la cabana ramadera total de l'AMB) de l'alimentació de cada coberta pel total d'aportació de MJ d'EM. Aquest procés de multiplicar el valor total del flux per aquest factor en tant per u és el mateix que s'utilitzarà per al càlcul de Livestock External Input, Livestock Services 1 i Livestock Final Produce
- 136.3 Livestock Waste: En aquest cas, com que s'utilitza tot el fem disponible per tal d'intentar satisfer el balanç de nutrients, no existeix livestock waste.
- 136.4 Livestock Services 2: De manera simètrica al què es fa en maneig convencional, aquí els Livestock Services 2 es calculen segons l'aportació de fòsfor que s'ha fet a cada coberta. En primer lloc es distribueixen els fluxos de LS2 a la pastura, que depèn del total de pastura de cada municipi (en tant per u) i el total de LS2 que va a la pastura, que és aquell que correspon a tot el temps que passen a pastura. El temps que passen a pastura es considera que és 5/12 de l'any, ja que el CCPAE fixa que com a mínim s'ha de tenir accés a pastures a l'aire lliure 5 mesos al llarg de l'any. Així s'obté que els animals excretaran en pastures el 21% del total d'excreta (LDIETS – Dieta total cel·la M33). Pel què fa a tota la resta d'excreta restant es distribuirà proporcionalment al fòsfor total disposat a l'AMB. Així es calcula en primer lloc el fòsfor aportat per coberta (a la taula que es troba a NB – Balanç Nutrients FF164:FN200) i després es repeteix la taula convertint-la en un tant per u (essent u tot el fòsfor dipositat), taula FP164:FX200. Així, es distribueixen tots els LS que no estan en pastura a la pròpia taula de L – Excreta U60:AD96.

13. BALANÇ HÍDRIC

L'objectiu del balanç hídric és obtenir una aproximació de baix cap amunt (bottom-up) dels grans fluxos hídrics necessaris per al manteniment de la infraestructura verda. Aquesta metodologia es centra en el balanç hídric d'aigua al sòl, una metodologia estandarditzada i molt utilitzada en agronomia.

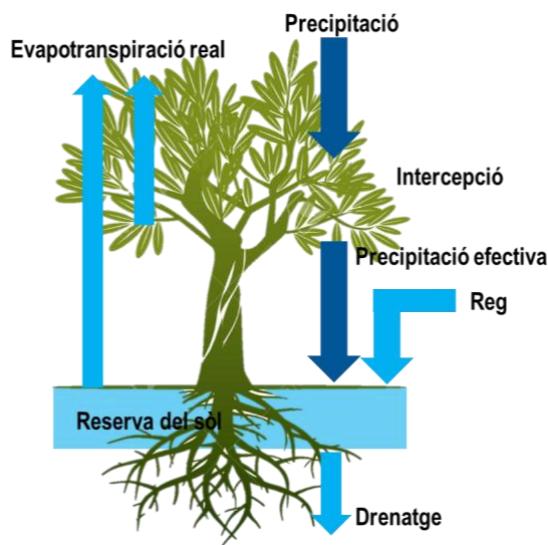


Figura 4. Esquema conceptual dels fluxos d'aigua considerats al balanç hídric.

Com es pot veure a la figura 4, es parteix de les dades meteorològiques per a l'any 2015 de precipitació observada, però també de les dades de temperatura mitja i d'evapotranspiració de referència (ET₀) de les estacions meteorològiques, tot a escala mensual (subapartat 13.1). Amb aquestes es construeixen els mapes de precipitació, temperatura i ET₀ a nivell de tota l'AMB.

Al subapartat 13.3, per a poder fer el càlcul de quina és l'evapotranspiració potencial (ETP) que tindrà cada coberta es fan els mapes de coeficients d'espècie (K_e). Això ens permetrà una primera aproximació a quina seria tota la evapotranspiració que hi hauria en cas que la reserva del sòl estigués saturada d'aigua durant tot l'any

(subapartat 13.4).

Posteriorment es procedeix a fer el balanç hídric (subapartat 13.5). Aquest consisteix en fer un balanç d'aigua a escala mensual per identificar quins són els possibles fluxos hídrics partint de la precipitació i ETP. Amb les dades de precipitació, un cop descomptada la part d'aigua que es reté en la superfície vegetal (intercepció; I), s'obté la precipitació efectiva (que arribarà al sòl). Aquest és el flux d'entrada d'aigua natural a la reserva del sòl. Per la seva banda, aquesta intercepció suposa una disminució de la evapotranspiració potencial, que passa a anomenar-se evapotranspiració potencial corregida (ETP_c). Per comparació entre la evapotranspiració potencial corregida (ETP_c) i la precipitació efectiva (P_{ef}) podrem comparar si es tracta d'un mes sec (P_{ef} < ETP_c) o un mes humit (P_{ef} > ETP_c).

En cas que es tracti d'un mes humit, aleshores la planta evapotranspirarà realment la quantitat potencial (ETR = ETP_c + I). En cas que es tracti d'un mes sec, la planta evapotranspirarà la quantitat que li aporta la pluja més l'aigua que aconsegueixi extreure de la reserva del sòl (variació de la reserva del sòl, VR). Així doncs obtenim una ETR que serà més petita que la ETP_c (ETR = P_{ef} + I + VR). La complexitat es dona sobretot per tal de captar quina és la quantitat d'aigua que hi ha en cada moment de l'any a la reserva del sòl. Això serà així sempre i quan no es tracti d'un cultiu que sigui de regadiu (Reg), cas en el qual sempre s'aportarà la quantitat d'aigua necessària per a satisfer que la ETR arribi a ser la ETP (ETR = ETP = P_{ef} + I + Reg).

Per últim calcularem la quantitat de drenatge restant (subapartat 13.6), fruit d'entrades d'aigua que excedeixen la capacitat de la reserva del sòl. Així, quan trobem que la reserva del sòl està saturada (és a dir, arribi a la seva Capacitat de Retenció d'Aigua Disponible màxima, CRAD), els fluxos de P_{ef} per sobre d'aquest nivell es

convertiran en drenatge (DRE) però també ho faran aquells fluxos de reg que no arribin efectivament a la planta (en base a l'eficiència en l'ús del reg i segons la tipologia de reg).

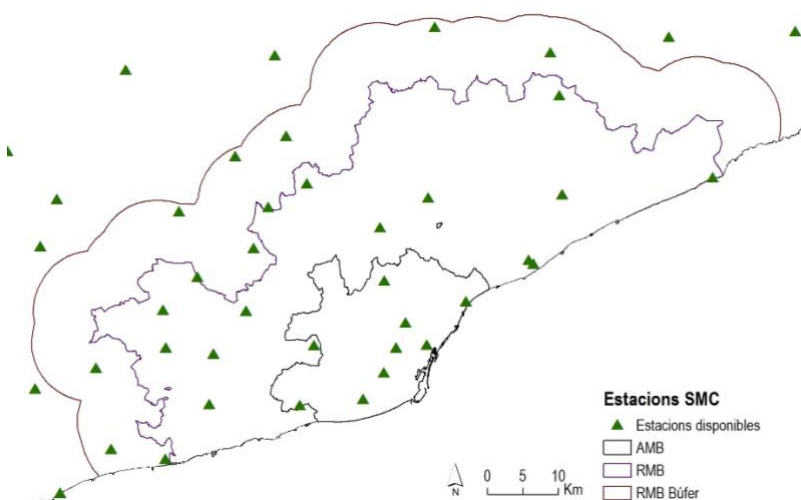
Amb tot plegat doncs s'acaba fent el càlcul de tots els fluxos estimats per a cada punt del territori: intercepció, precipitació efectiva, reg, evapotranspiració real i drenatge. A continuació s'explica aquest procediment de forma detallada.

13.1 DADES METEOROLÒGIQUES DE PARTIDA

Les dades de precipitació, temperatura i evapotranspiració de referència provenen del Servei Meteorològic de Catalunya i el procés es va fer interpellant en tot moment a la Maria del Mar Pla-Manuel Rimbau (mar.pla@gencat.cat), que és el contacte estable que es té des del LET.

Des del SMC van fer enviament d'un llistat de 134 estacions repartides arreu de Catalunya per a les que hi ha informació des de l'1 de gener de 2015. Aquestes estacions tenen informació puntual i no s'elabora cartografia a escala territorial. Les estacions disponibles més properes a l'AMB són les que es mostren a la Figura 5.

Figura 5. Estacions del SMC, límits administratius i buffer.



En quant a la mostra de dades del SMC, si ens restringíssim a l'AMB el número d'estacions seria tant sols de 8. En cas d'ampliar a tota la RMB el número passa a ser de 23, i si es fa un buffer de 10 km al voltant de la RMB, arriba a les 32 estacions meteorològiques amb dades. En aquestes 33, el rang d'alçades oscil·la entre els 2 i els 1.668 metres i la ET0 va de 691 a 1.296 mm anuals (prenent les dades d'ET0 de Hargreaves que es va calcular a l'informe de metabolisme hídric de l'any passat; Serrano et al., 2020). Aquestes dades són consistents amb les dades de l'AMB que oscil·la entre els 0 i els 656 metres d'alçada i la ET0 va de 896 a 1.296 mm. Les 33 estacions seleccionades es mostren a la taula 4.

Tot i això, de les 33 estacions seleccionades finalment només es treballa amb 32 ja que l'estació DD situada a Vilassar de Mar no disposa de les dades d'ET0 de Penman-Monteith. Per a cadascuna de la resta d'estacions ens van enviar les dades diàries de ET0 de Penman-Monteith, de temperatura mitjana i de precipitació total.

Aquestes es van agrupar per mesos i estacions obtenint així la taula que es troba a 01 Estacions ET0 SMC\DadesSPSS.xlsx\Estacions seleccionades\$ i que s'utilitzarà com a base per a fer els mapes. Aquesta taula doncs conté la informació de l'estació (Codi i nom) i totes les dades mensuals de ET0, T i P.

Taula 4. Estacions meteorològiques seleccionades.

Codi	Estació Meteorològica	Coordenada X (m)	Coordenada Y (m)	Altitud (m)	Nivell*
CE	els Hostalets de Pierola	400.570	4.598.402	316	3
CL	Sant Salvador de Guardiola	397.445	4.614.314	349	3
CY	Muntanyola	431.854	4.636.571	816	3
DD	Vilassar de Mar	448.825	4.595.751	45	2
DI	Font-rubí	385.024	4.587.731	415	2
D3	Vallirana	411.004	4.581.707	252	2
D5	Barcelona - Observatori Fabra	426.777	4.585.602	411	1
D9	el Vendrell	376.036	4.563.738	59	3
H1	Òdena	387.729	4.604.734	333	3
R1	el Pont de Vilomara	406.216	4.617.790	210	3
UF	PN del Garraf - el Rascler	408.541	4.571.339	573	1
UG	Viladecans	419.450	4.572.427	3	1
UH	el Montmell	373.470	4.577.794	545	3
UP	Cabrils	448.018	4.596.420	81	2
UQ	Dosrius - PN Montnegre Corredor	453.790	4.607.726	460	2
U3	Sant Martí Sarroca	385.462	4.581.282	257	2
VU	Rellinars	409.809	4.609.581	421	2
WN	Montserrat - Sant Dimes	403.117	4.605.507	916	3
WP	Canaletes	390.919	4.593.443	325	2
WS	Viladrau	451.743	4.632.184	953	3
WT	Malgrat de Mar	479.729	4.610.620	2	2
WU	Badalona - Museu	437.154	4.589.225	42	1
WY	Sant Sadurní d'Anoia	399.265	4.587.623	164	2
WZ	Cunit	385.422	4.562.067	17	3
W4	la Granada	393.664	4.580.189	240	2
XF	Sabadell - Parc Agrari	422.418	4.601.974	258	2
XK	Puig Sesolles (1.668 m)	453.270	4.624.795	1.668	2
XL	el Prat de Llobregat	423.044	4.576.960	8	1
XU	Canyelles	392.982	4.571.517	148	2
XV	Sant Cugat del Vallès - CAR	423.157	4.592.798	158	1
X4	Barcelona - el Raval	430.414	4.581.709	33	1
X8	Barcelona - Zona Universitària	425.195	4.581.239	79	1
X9	Caldes de Montbui	430.709	4.607.105	176	2

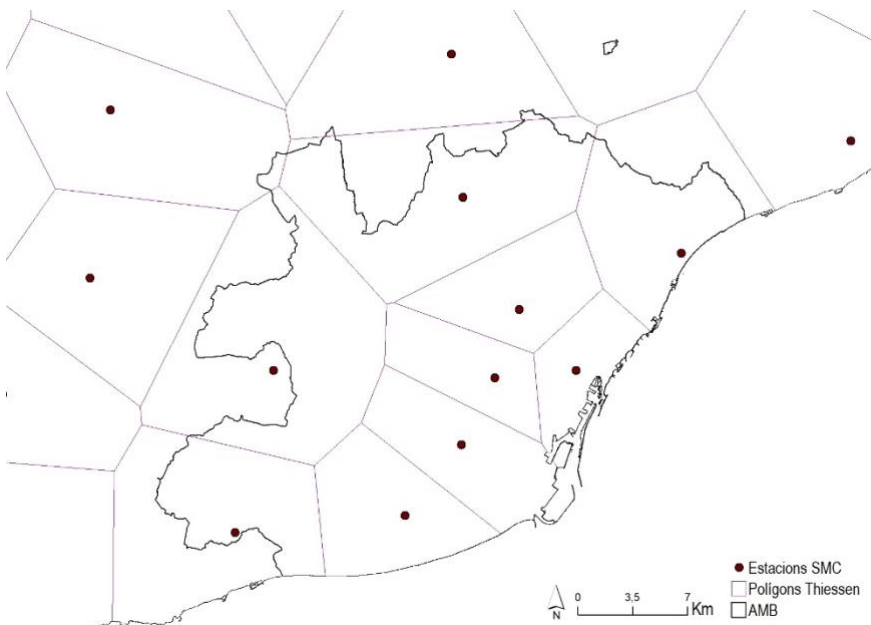
* El nivell 1 són aquelles EMA situades a la AMB, el nivell 2 és a la RMB i el nivell 3 indica EMA fora de la RMB dins del buffer de 10 km al seu voltant.

13.2 MAPES DE DADES METEOROLÒGIQUES

Un cop es disposa d'aquesta informació de partida, s'explica a continuació ja en passos com s'elaboren els mapes corresponents de ET0, P i T de l'AMB. És molt important que al llarg de tot el procés s'intenti que la capa pesi el menys possible i tingui el mínim número de polígons ja que després s'ha de fer el càlcul del balanç hídric i requereix intentar optimitzar l'espai que ocupin els fitxers.

137. En primer lloc s'elabora el mapa Thiessen (model "01.3 IDW") que permet definir una àrea d'influència per a cada estació meteorològica, tal i com es mostra a la figura 6.

Figura 6. Polígons Thiessen que mostren l'àrea d'influència de cada estació meteorològica del SMC.



138. Per a cadascun dels polígons Thiessen doncs cal inferir-hi les dades de T i d'ET0. Així, al model "04.4 Preparació Access Thiessen 2020.09.04" es pot comprovar com es fa un join entre la capa de polígons del pas 137 i la taula de dades que s'havia construït al subapartat 13.1, creant així la capa Thiessen_dades.shp. D'aquelles dades només ens interessaran les de T i ET0 (ja que les de P les calcularem en un pas més endavant).

139. Pel què fa a les dades de precipitació, es fa el càlcul al model "01.3 IDW" que ja s'havia utilitzat al pas 137. A la capa Estacions_SMC_select.shp s'hi uneixen les dades de la taula del subapartat 13.1 i es crea la capa dades_estacions_SMC.shp.

140. Aleshores, per a cada dada mensual es fa un procés d'interpolació a través del mètode IDW (inverse distance weighted). Es crea doncs així una capa ràster per a cada mes per a la precipitació.

141. Al model "04.4 Preparació Access Thiessen 2020.09.04" es pot veure com per a cada capa es fa un procés de dividir el seu valor per 5 i després convertir-lo en un valor enter. És la manera de passar a tenir una

capa ràster amb intervals de 5 en 5 i que d'aquesta manera no sigui necessari generar masses polígons a l'hora de fer els càlculs dels balanços hídrics. El ràster llavors es converteix en polígons.

142. Es fa una intersecció entre totes les capes de precipitació de cada mes i s'obté la capa precipitació.shp. S'arregla la capa en primer lloc tornant a multiplicar per 5 els valors de precipitació de cada mes perquè tornin a estar en les unitats correctes (mm) i es fan diversos passos de nomenclatura de les columnes per a què estiguin clares les codificacions. S'eliminen posteriorment els camps que són innecessaris.

13.3 MAPES DE COEFICIENTS D'ESPÈCIE MENSUALS

143. Abans de poder procedir amb el balanç hídric és necessari que tinguem també una capa adequada amb els coeficients d'espècie mensual de cada coberta del sòl. Aquestes dades sortiran de l'excel dels balanços ja que en funció dels cultius de cada coberta es tindrà un factor de coeficient d'espècie diferent. Per tal de procedir el què es fa és utilitzar l'informe de la FAO conjuntament amb les dades locals de recomanacions generals de sembra de les varietats més típiques en el litoral (<http://hortsdeldelta.com/calendari-sembrar/>). A partir d'aquí es construeix una corba de cultiu que està reproduïda a la fulla EI - Factors Ke del Balanç. S'obtenen així les evolucions que cada coberta té al llarg de tots els mesos de l'any.
144. Al model "04.2 Mapa coeficients Kc 2020.10.06" es veu com en primer lloc s'agafa la capa de cobertes del sòl MCSCAMB_2015Esc4.shp i es fa un dissolve per limitar el número de polígons. Per una altra banda es prepara una actualització d'aquest mapa de cobertes afegint-hi la superfície d'aiguamolls i de parcs urbans que es troben a la capa \\158.109.182.54\Projectes\19024_PropostaOrdenacio\1_GIS\1_3_Capes\Cobertes2015\MCSAMB_v5_RecChord_dis.shp del projecte de criteris i mètodes dels espais oberts. Un cop es fa l'update, la capa resultant (amb totes les cobertes que ens interessin) es creua amb la capa de municipis. El dissolve que es fa haurà de ser diferent cada cop que es canviï d'escenari.
145. Aleshores es crea un codi Kc que permet identificar a la vegada municipi i coberta per aquells usos que tenen un valor Ke diferent en funció del municipi ('Altres fruiters regadiu', 'Altres fruiters secà', 'Conreus herbacis regadiu', 'Conreus herbacis secà', 'Hivernacles', 'Horta'). En canvi per als altres es posa com a codi Kc només el nom de la coberta.
146. Aquesta columna del pas 145 s'uneix a la taula C:\Users\1157434\Desktop\IERMB\Cobertes\80 Metabolisme hídric\04 Balanç hídric\01 Mapa Kc\TransposicioKc.xlsx\Transposicio\$ que inclou les dades que s'havien preparat al pas 143 (cal tenir en compte que aquest excel s'haurà d'actualitzar quan es facin canvis en les cobertes).
147. Es crea llavors una capa que és MapaKc_Esc0.shp a la qual s'afegeix primer una columna que indica si la superfície és de regadiu o no (en clau dicotòmica 0 és no i 1 és si).
148. S'afegeix una segona columna que correspon al factor d'intercepció. El factor d'intercepció es considera del 35% en boscos de coníferes, 25% en la resta de cobertes llenyoses (de matollars a fruiters passant per boscos) i 10% en els cultius herbacis (Vicente et al., 2018)

149. S'afegeix una tercera columna que indica dicotòmicament (0 no 1 si) si es tracta d'un cultiu en hivernacle o no.
150. Es fa un darrer procés de dissolve per tal de garantir que es tingui el mínim de polígons possibles que expressin la informació de els factors de Ke i a la vegada també les columnes dels passos 147 a 149.

13.4 EVAPOTRANSPIRACIÓ POTENCIAL I FLUXOS DE PARTIDA

151. S'unifiquen les capes dels factors de coeficient d'espècie (pas 150), dels polígons Thiessen amb informació de T i ET0 (pas 138) i el de precipitació creat amb l'IDW (pas 142). El fitxer és 04 Balanç hídric\04 Pas a access\entrada_access_thiessen.shp
152. Es guarda la taula en format txt per tal de poder-la importar correctament a excel. El fitxer excel s'anomena "balanços 2020.09.04.xls"
153. El primer pas consisteix en calcular l'ETP. Aquesta ETP es calcularà en base a dos elements
 - 153.1 Si la temperatura mitjana del mes és $< 9^{\circ}\text{C}$ es considerarà que la $\text{ETP} = 0$
 - 153.2 Si el més és més calorós, aleshores es calcularà $\text{ETP} = \text{ET0} \cdot \text{Ke}$
154. Es calcula la intercepció de cada mes, a partir del factor d'intercepció que s'ha calculat al pas 148. Així $I(\text{mes}) = \text{factor} \cdot P(\text{mes})$
155. Es determina la precipitació efectiva per diferència entre la precipitació i la intercepció. $P_{\text{ef}} = P - I$
156. Es calcula la evapotranspiració potencial corregida per l'efecte de la intercepció. Es tracta doncs de descomptar a l'evapotranspiració potencial total la intercepció.
 - 156.1 En cas que $\text{ETP} - I < 0$, $\text{ETP}_c = 0$.
 - 156.2 Si $\text{ETP} - I > 0$, aleshores $\text{ETP}_c = \text{ETP} - I$
157. El següent pas és el càlcul del dèficit de precipitació que ens indica si es tracta d'un mes sec o d'un més humit segons si és negatiu o positiu respectivament. Així, $\text{DP} = P_{\text{ef}} - \text{ETP}_c$. Tots els mesos en què DP sigui menor a 0 vol dir que s'exercirà pressió a la reserva hídrica del sòl per extreure aigua per sobre de la capacitat de camp.
158. A continuació es caracteritza el reg. El reg pretindrà satisfer aquelles necessitats negatives expressades en el dèficit de precipitació per tal d'evitar l'estrès de les plantes. Així, el seu càlcul és
 - 158.1 Si el factor 147 i el factor 149 són 0, aleshores $\text{REG} = 0$
 - 158.2 Si algun d'ells és 1, aleshores es mira si $\text{DP} > 0$ o $\text{DP} < 0$
 - 158.2.1 Si $\text{DP} > 0$, aleshores $\text{REG} = 0$
 - 158.2.2 Si $\text{DP} < 0$, aleshores $\text{REG} = -\text{DP}$
159. Amb la informació del reg, ja podem estimar quines són les necessitats totals que es requeriran al sòl, a partir del càlcul del dèficit total, que serà el dèficit de precipitació corregit amb el reg. Així, es calcularà com $\text{DEF} = \text{DP} + \text{REG}$ i només s'expressarà quan aquest valor sigui < 0 . En cas contrari es considerarà excés (següent pas 160).

160. Finalment calculem també els excessos, que són aquells moments en què la reserva del sòl pot omplir-se o bé pot drenar aigua fora del sòl (sigui per sobre o per sota). Així $EXC = DP$ en el moment en què sigui > 0 .

13.5 BALANÇ HÍDRIC

Un cop caracteritzats els fluxos de DEF i EXC, es procedeix al càlcul del balanç hídric al sòl, ja que aquestes dades són les de referència per a estimar com va variant la reserva al sòl al llarg de l'any. Aquí s'han de fer dues puntualitzacions respecte millores futures:

- Aquests càlculs s'han elaborat tenint en compte una capacitat de retenció d'aigua disponible al sòl (CRAD) de 50 mm. És un valor relativament baix però raonable tenint en compte que la major part de sòls agraris a l'AMB són sòls en zones de pendent. Tanmateix més endavant, i amb major informació de sòls, es podria fer un mapa de caracterització de la CRAD. És possible que en el Pla Director del Cicle de l'Aigua s'hagi fet alguna cosa similar ja que és important per caracteritzar els grans fluxos.
- Les dades disponibles només eren per a l'any 2015. Això vol dir que no es disposava d'informació respecte els anys anteriors i en com deuria estar la reserva del sòl. És per això que es complexitza molt més el càlcul del balanç hídric perquè es passa a considerar un balanç cíclic (les condicions a les que arriba el sòl a principis d'any són segons hagi acabat al desembre). Per tal de poder fer un balanç cíclic és necessari que es reproduïxi el balanç començant-lo en cada mes de l'any (és a dir 12 vegades), i a posteriori s'identifiqui quin és el mes correcte.

A la taula 5 es mostra un exemple d'un balanç hídric per tal de poder fer seguiment dels passos següents que es detallen.

161. Es calculen les seqüències dèficits acumulats i els excessos acumulats. Com que no es pot fer un càlcul cíclic, s'ha de començar en algun mes específic. És per això que s'ha de provar fent-ho començant a 0 tots els mesos (iterant el procés 12 vegades doncs). Com es pot veure a la taula, la combinació correcta es donarà tantes vegades com trencaments de les seqüències de Dèficit i excessos existeixin.

161.1 Per al mes d'origen, es considerarà que $DEF_ACC_t = DP$ (si < 0) i $EXC_ACC_t = DP$ (si > 0)

161.2 Per a la resta de mesos $DEF_ACC_t = DEF_ACC_{t-1} + DP$ (si < 0) i $EXC_ACC_t = EXC_ACC_{t-1} + DP$ (si > 0)

162. Per a identificar els mesos en què s'ha calculat correctament, el què es buscarà és si s'arriba al valor màxim d'acumulació i al valor màxim de dèficit. Així, si la diferència entre $MAX(EXC_ACC)$ - $MIN(DEF_ACC)$ és màxima, vol dir que és un mes en què no s'han trencat les seqüències d'acumulació.

163. Es reproduïxen doncs les seqüències de DEF_ACC i de EXC_ACC del primer mes de l'any que hagi sortit com a correcte.

Taula 5. Exemple de balanç hídric per un cas amb una $Ke = 0.3$, un 35% d'intercepció i sense reg ni hivernacle. Balanç FID = 2500.

	GEN	FEB	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DES	Total
P	10,0	0,0	45,0	10,0	35,0	15,0	10,0	45,0	50,0	30,0	50,0	0,0	300,0
ET0	38,0	0,0	65,0	94,0	138,0	153,0	153,0	124,0	79,0	54,0	42,0	42,0	982,0
ETP*	0,0	0,0	19,5	28,2	41,4	45,9	45,9	37,2	23,7	16,2	12,6	12,6	283,2
Int	3,5	0,0	15,8	3,5	12,3	5,3	3,5	15,8	17,5	10,5	17,5	0,0	105,0
Pef	6,5	0,0	29,3	6,5	22,8	9,8	6,5	29,3	32,5	19,5	32,5	0,0	195,0
ETPc	0,0	0,0	3,8	24,7	29,2	40,7	42,4	21,5	6,2	5,7	0,0	12,6	186,6
DP	6,5	0,0	25,5	-18,2	-6,4	-30,9	-35,9	7,8	26,3	13,8	32,5	-12,6	
Reg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
DEFacc	0,0	0,0	0,0	-18,2	-24,6	-55,5	-91,4	0,0	0,0	0,0	0,0	-12,6	
EXCacc	6,5	0,0	25,5	0,0	0,0	0,0	0,0	7,8	34,1	47,9	80,4	0,0	
R	45,4	45,4	50,0	34,7	30,6	16,5	8,0	15,8	42,1	50,0	50,0	38,9	
VR	6,5	0,0	4,6	-15,3	-4,2	-14,1	-8,4	7,8	26,3	7,9	0,0	-11,1	
ETR	3,5	0,0	19,5	25,3	39,2	29,1	18,4	37,2	23,7	16,2	17,5	11,1	240,7
DRE	0,0	0,0	20,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9	32,5	0,0	59,3

164. A continuació cal definir si es tracta d'un any sec o d'un any humit.

164.1 Si la reserva del sòl sabem que arriba a estar plena en algun moment de l'any, es tractarà d'un any humit. I per tant, en tal cas l'interessant serà començar el mes després de l'EXCacc màxim, ja que sabem que allà es comença amb la reserva plena.

164.2 Si la reserva del sòl no arriba a estar plena mai perquè els excessos no permeten recarregar-la del tot en cap moment, aleshores serà un any sec. En aquest cas el què farem serà considerar que el moment de l'any en què DEFacc sigui màxim (el valor més baix), la reserva del sòl serà 0.

164.3 Malgrat això, el procés calcula els dos escenaris (tant sec com humit) i es decideix al final del procés si el balanç que es representa és un o l'altre.

165. De la mateixa manera que s'ha fet amb els dèficits i excessos acumulats, es fa el balanç hídric considerant el mes d'inici per a tots els mesos de l'any (és a dir, es calcula 12 vegades tant pel sec com per a l'humit). Serà a posteriori que s'identificarà l'única combinació correcta (quin mes s'havia d'iniciar i si és balanç sec o balanç humit).

166. Per al càlcul del balanç es considera que el mes abans del mes d'inici la $R_{t-1} = \text{CRAD}$ en cas que estiguem al balanç humit i $R_{t-1} = 0$ en cas que estiguem al balanç sec.

167. A partir d'aquí es comença a calcular la reserva segons els fluxos d'excessos i dèficits acumulats correctes.

L'algoritme de càlcul és el següent:

167.1 Si $\text{EXC_ACC}_t > 0$ (és un mes humit)

167.1.1 Si $R_{t-1} + \text{EXC}_t > \text{CRAD}$ aleshores $R_t = \text{CRAD}$

167.1.2 Si $R_{t-1} + EXC_t < CRAD$ aleshores $R_t = R_{t-1} + EXC_t$

167.2 Si $DEF_ACC_t < 0$ (és un mes sec)

167.2.1 Si $R_{t-1} < CRAD$ aleshores $R_t = CRAD e^{\frac{(DEF_t + \ln(0,00001 + R_{t-1}/CRAD) \cdot CRAD)}{CRAD}}$

167.2.2 Si $R_{t-1} = CRAD$ aleshores $R_t = CRAD e^{\frac{DEF_ACC_t}{CRAD}}$

167.3 Si $DEF_ACC_t = 0$ (és un més ni sec ni humit) aleshores $R_t = R_{t-1}$

168. Un cop es disposa d'aquest balanç començant-lo tots els mesos de l'any, es selecciona el mes correcte d'inici. La seqüència de decisió és la següent

168.1 Si el màxim d' $EXC_ACC > CRAD$, es comença en aquell mes i és un balanç humit

168.2 En cas contrari, es tracta d'un balanç sec i per tan es calcularà a partir del moment en què DEF_ACC sigui màxim, moment en què $R = 0$.

169. Seleccionat doncs el balanç correcte, el següent pas és calcular la variació de la reserva. $VR = R_t - R_{t-1}$

170. Tot plegat ja ens permet inferir quina serà doncs la variació de la reserva i per tant quina serà l'evapotranspiració real que farà la coberta.

170.1 Si $DP < 0$

170.1.1 Si $VR < 0$ aleshores $ETR = INT + REG + P_{ef} - VR$

170.1.2 Si $VR \geq 0$ aleshores $ETR = INT + REG + P_{ef}$

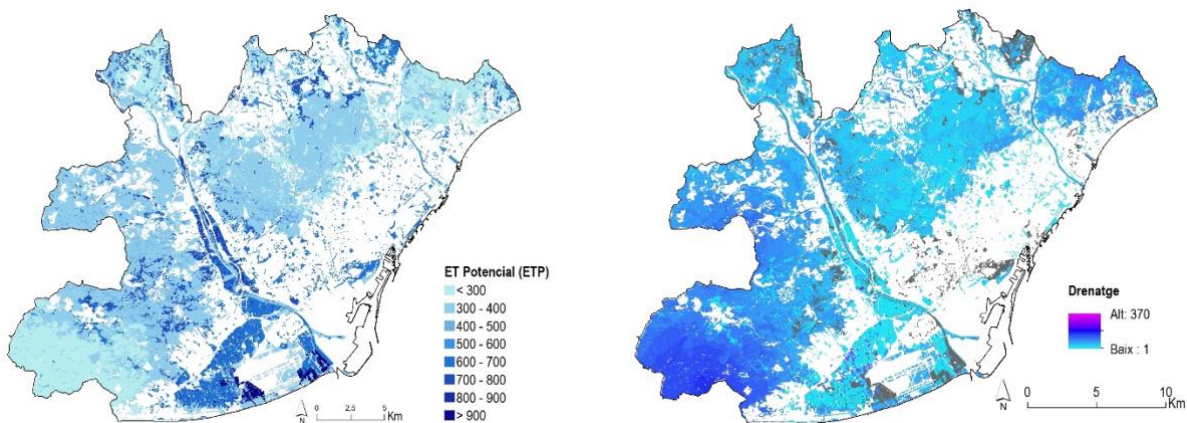
170.2 Si $DP \geq 0$ aleshores $ETR = INT + ETP_c$

171. Per últim calcularem el drenatge parcial (DRE), que és aquell que es dona directament en els processos considerats al sòl, però que no contempla les pèrdues del regadiu en el procés d'incorporació d'aigua al sòl (hem calculat les necessitats de REG per a la planta, però no s'ha estimat encara quines són les pèrdues associades a aquest regadiu, de la manera com es fa al pas 81 del subapartat 10.4 de distribució de l'aigua). Aquest drenatge es calcula com a $DRE = P - VR - ETR$. Noti's que aquí es treballa amb la precipitació total, no amb l'efectiva.

13.6 REPRESENTACIÓ I SORTIDA DELS RESULTATS

172. Un cop ja s'ha calculat tot el balanç hídric el què es fa és retornar aquestes dades que es troben a l'excel "balanços 2020.09.04.xlsx" amb el fitxer "sortida_thiessen.txt" que permet fer un join a través del FID amb el mapa de polígons "entrada_access_thiessen.shp" i crear la capa "resultats_balanc.shp". El procés està detallat al model "05 Incorporació resultats". Aquesta permetrà representar tots els resultats. Amb aquesta capa es poden fer els mapes com els de la figura 7, a on es veu l'evapotranspiració potencial i el drenatge de cadascuna de les cobertes a nivell anual.

Figura 7. Evapotranspiració potencial i drenatge calculats a partir del balanç hídric.



14. En aquest model "05 Incorporació resultats" també s'hi calcula el drenatge associat a les pèrdues de reg. En aquest cas simplement es considera que si és parcs (es a dir, dins del mapa està categoritzat com a "àrea urbanitzada") les pèrdues seran del 17.5% i que si és la resta de regadiu les pèrdues seran del 42.5% (s'assumeix un regadiu homogeni a manta). Això permet doncs afegir al drenatge del propi procés natural, el drenatge per pèrdues en el procés de regadiu. DRE total serà doncs el DRE regadiu més DRE natural.
15. Creuant aquesta capa resultant amb el mapa de cobertes actualitzat (\04 Balanç hídric\07 Escenaris\Esc0.shp), es pot calcular quins són els fluxos per tipologia de coberta i municipi, afegint la informació dels municipis i calculant les superfícies ocupades per cada coberta. Dades que serviran d'entrada (en el cas del REG total per coberta) al balanç general, concretament a la fulla del balanç AIGUA – Entrada balanç. Per a fer-ho, però, en primer lloc s'obté des de l'ArcGIS la taula excel "04 Balanç hídric\07 Escenaris\Esc0_actiu.xls" que es gestiona per a obtenir aquestes dades per coberta i municipi.
16. Les dades d'aquests mapes s'han d'extreure per tal d'obtenir el valor dels diversos indicadors per cel·les, seguint el model "06 Pas a cel·les". En primer lloc, es copia la darrera capa resultant Esc0_actiu.shp al nou directori "04 Balanç hídric\08 Mapa cel·les\", es neteja tots els camps deixant només els indicadors finals que volem utilitzar d'aigua i el camp de superfície de cel·la (250.000 m²). Es fa una intersecció amb la capa base amb la malla de cel·les (que no es la que puto roc en el paso 237), i a la capa resultant "Celles_indicadors_Esc0.shp" s'afegeix un camp que calcula l'àrea de tots els nous polígons resultants de

la intersecció. La taula DBF resultant d'aquesta nova capa s'obre amb Excel per fer els càlculs dels valors mitjans dels indicadors segons la distribució d'àrees dins de cadascuna de les cel·les i per considerar només els resultats ocupant una superfície mínima de 1 hectàrea (4%) de cada cel·la. Com que aquests càlculs es reproduïen per més de 30.000 polígons resultants de la intersecció, es fa molt pesant tantes fórmules per l'Excel i cal copiar els resultats en un nou arxiu net sense les fórmules "Celles_netes_Esc0.xlsx", només amb el resultat final dels valors mitjans i el nombre de cel·la. En aquesta nova taula s'eliminen resultats duplicats de manera que es queda en només un resultat per cel·la. Ara ja es pot utilitzar aquesta taula neta per tornar a fer un join a l'ArcGIS amb la malla base de cel·les i visualitzar els resultats dels indicadors d'aigua per cel·la. Es consolida el resultat del join exportant a una nova capa per cada escenari que es diu "Malla_Esc0.shp", que serveix tant pel pas 238 de les dades pel Sistema de Suport a la Planificació, com pel pas 239 de representació dels indicadors.

17. Per altra banda, per tal de fer el maneig ecològic, l'únic que canviarà seran els factors considerats en el pas 174, que s'han d'adaptar a unes condicions més òptimes de regadiu.

18. EMBORNAL DE CARBONI

L'embornal de carboni és un procés de càlcul que considera les diverses fraccions de carboni que existeixen a l'AMB: i) carboni al sòl en sòls agrícoles; ii) carboni al sòl en sòls forestals, matollar i pastures; iii) carboni aeri i en les arrels de cultius agrícoles llenyosos; iv) carboni aeri en boscos i matollar; v) carboni a la capa orgànica dels sòls de boscos i matollars; v) carboni a les arrels en sòls forestals. Així doncs, s'estructura aquest apartat en base al càlcul de cadascuna d'aquestes fraccions. S'estima que la part corresponent al carboni orgànic aeri en els cultius no llenyosos és tant menor que es descompta. Així, en l'àmbit agrícola es calcularà tant sols el carboni orgànic dels sòls, el de la biomassa llenyosa i de les seves arrels corresponents.

18.1 CREACIÓ DEL MAPA DE COBERTES I ESQUEMA DE CàLCUL

173. En primer lloc és necessari realitzar un nou mapa a on es defineixin les categories adequades per a realitzar l'estoc de carboni. Aquest model es troba a "MCSCAMB_2015Esc 20201109". Per a tal objectiu, es prenen les dades del nivell 5 del mapa de cobertes del sòl i se'n selecciona una part. És important que es disposi de tots els polígons que existiran en els 4 escenaris des d'un bon principi per tal d'evitar que els valors en l'estoc de carboni siguin diferents simplement per la divisió entre polígons. Així, existeixen un seguit de categories noves tant per als conreus com per als espais forestals i piscícoles (taula 6).

Taula 6. Categories dins de conreu i bosc.

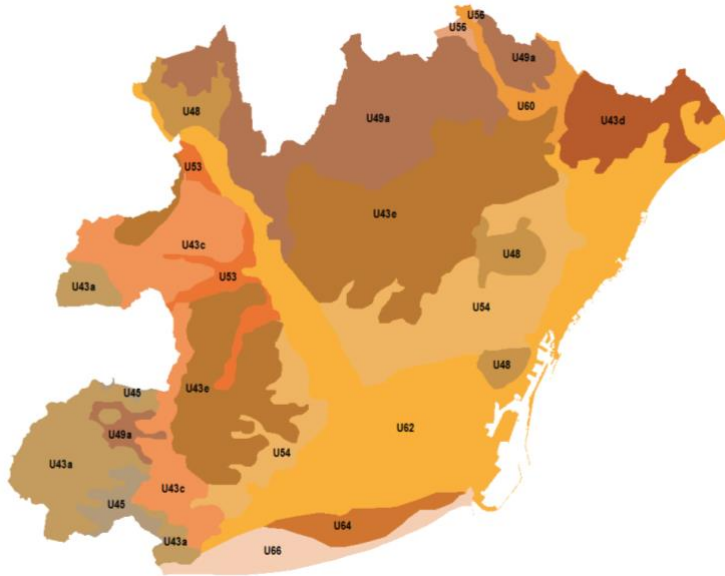
Conreu	Bosc
Conreus herbacis en secà	Bosc caducifoli 5-20% FCC
Conreus herbacis en regadiu	Bosc caducifoli >20% FCC
Fruiters en secà	Bosc de ribera 5-20% FCC
Fruiters en regadiu	Bosc de ribera >20% FCC
Horta	Bosc de coníferes 5-20% FCC
Hivernacles	Bosc de coníferes >20% FCC
Oliverar en secà	Plantacions
Oliverar en regadiu	
Vinyes	
Vivers	

174. El model desenvolupat en ArcGIS garanteix l'existència de totes les combinacions possibles entre escenaris. Així, es calcula per a cada escenari (1, 2a, 2b, 3a, 3b, 4) quin és l'ús corresponent a agricultura i a boscos. Finalment, s'intersecta amb el mapa de sòls per disposar de tots els polígons de característiques úniques.

18.2 CARBONI ORGÀNIC ALS SÒLS AGRÍCOLES

175. Per tal de determinar el SOC en els primers 30 cm dels sòls agrícoles es defineix un model tal i com es mostra a les figures 9 i 10 i que es troba al model "CAeriAgr". Aquí el què es pot comprovar és com es parteix del mapa de estoc de carboni al sòl en els 30 primers cm desenvolupat per l'ICGC.
176. Amb aquest mapa en format ràster el què es fa és tallar-lo per a l'AMB i aleshores passar-lo a punts. A la vegada, s'agafa el mapa dels escenaris i es talla segons les categories de sòl del mapa de sòls de l'AMB a escala 1:250.000 perquè així es podrà diferenciar entre tipologies de sòl.
177. Aquest mapa de sòls, que es mostra a la figura 8, és el que es pren com a base per diferenciar les característiques principals dels sòls (agrícoles o no agrícoles) a l'hora d'inferir valors en aquells polígons que no coincideixin amb els mapes ràster o càlculs realitzats.

Figura 8. Mapa de les unitats de sòls de l'AMB adaptat a partir del Mapa de Sòls de Catalunya 1:250.000.



178. Un cop aquí es fa un spatial join per unir la informació d'aquells punts que coincideixen efectivament buscant a un radi de 90m que és la meitat de la mida de la cel·la. Així, alguns polígons (una gran part) tenen valors de SOC però d'altres no. Per tal de donar un valor als altres el què es segueix és un procediment d'inferència del valor més proper que existeixi en un sòl situat dins de la mateixa categoria del sòl (segons el mapa de sòls). Per això es fan dues capes per categoria de sòl, una en la que hi ha els polígons sense valor (gridcode=0) i en l'altre els que sí que tenen valor (gridcode>0) i es fa un spatial join entre ells. S'obté d'aquesta manera una capa per unitat de sòl i s'eliminen aquelles columnes amb informació redundant. Posteriorment es fa un merge amb totes aquestes capes generades i una capa que conté tots els polígons amb valor (CSOLA_2015).
179. La capa generada té informació per a tots els polígons que són agrícoles l'any 2015 amb informació. Tanmateix, dins dels escenaris, hi ha polígons que es proposa que passin a agrícoles (sobretot en l'escenari E4) i que han de tenir un valor estimat de SOC per identificar la diferència que hi haurà donat el canvi d'ús. Per això, s'afegeixen diverses columnes a la capa. La primera és Agr_2015 que identifica tots els polígons que el 2015 són agrícoles (1 vs 0 quan no ho són). La segona és Agr_Esc que identifica aquells polígons que en algun escenari passen a ser agrícoles (1 vs 0 quan no passen a ser-ho). Amb aquestes dues columnes se'n genera una que és Agr i que identifica aquells polígons que no són agrícoles el 2015 però que passen a ser-ho en algun escenari (1 vs 0 quan no és el cas). Són aquests per als que serà necessari inferir quin valor de SOC tindrien. Per a aquest fi, es fa un Intersect entre aquesta capa i la capa de sòls a l'AMB.
180. De nou doncs, de la mateixa manera que amb 2015, el què es fa és generar una parella de capes per a cada categoria d'ús del sòl: una que conté els polígons sense informació (Agr=1) d'aquella categoria del sòl i una altra que el què inclou són els polígons que són agrícoles el 2015 i amb valor de SOC (SOCAgr>0). Es fa un nou spatial join a on els "target features" són els de la primera capa i els "join features" són els de

la segona. Totes les capes de totes les categories de sòl, juntament amb una capa que conté els polígons que tenen valor de SOCAgr, s'uneixen fent un Merge. Així s'arriba a obtenir la capa CSOLA que té la informació del valor d'estoc de carboni als sòls agrícoles (actuals o futuribles).

Figura 9. Procés de càlcul del mapa de Carboni Orgànic als Sòls agrícoles. Part I.

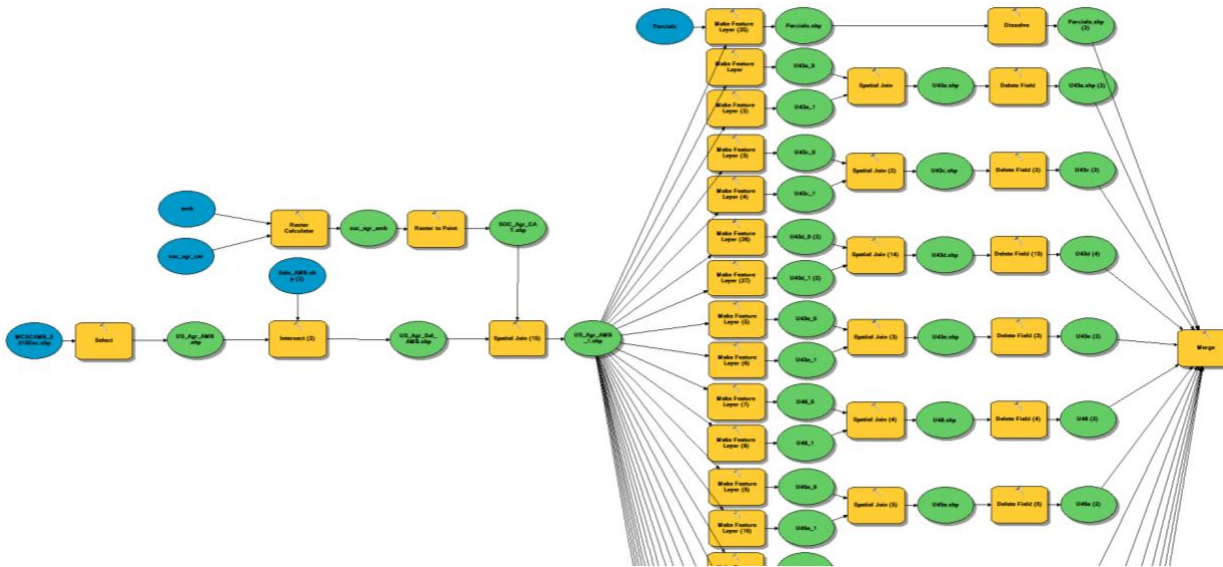
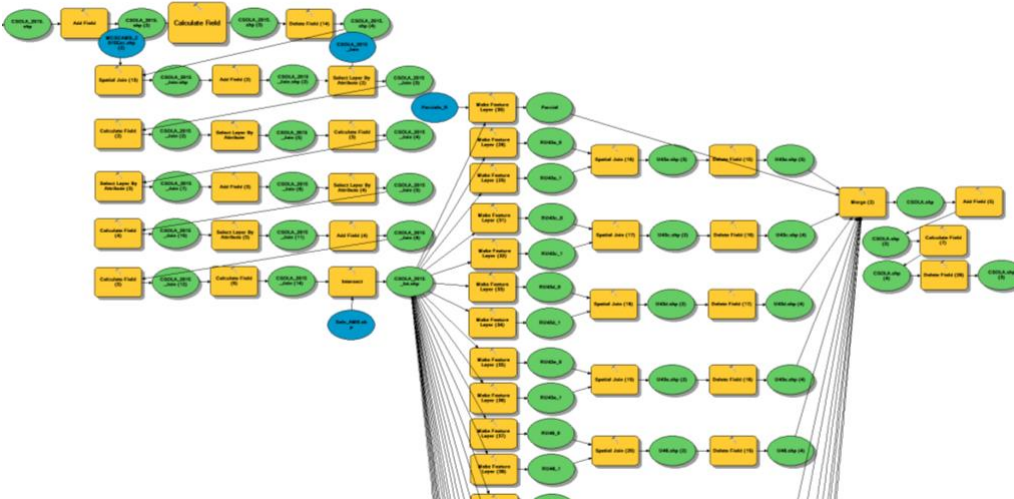


Figura 10. Procés de càlcul del mapa de Carboni Orgànic als Sòls agrícoles. Part II.



18.3 CARBONI ORGÀNIC ALS SÒLS FORESTALS

181. De cara a l'obtenció del mapa de l'estoc de carboni als sòls forestals, matollar i pastures es parteix de l'estudi realitzat per Doblas-Miranda (2016). Tanmateix la problemàtica principal és que es comprova que la resolució és molt baixa i que el model que s'havia realitzat a escala de l'Estat no suporta l'escala d'AMB. És per això que es decideix que, seguint en gran part els criteris definits a l'article de Doblas-Miranda, es realitzi una nova modelització del SOC d'espais no agrícoles.

182. Per a tal fi es fa un model de regressió lineal a partir de les dades disponibles de perfils de sòl de l'ICGC en el qual s'aplica la mateixa metodologia de càlcul del SOC que a la base de dades de CarboSOL (a 100 cm, en cas que els sòls arribin a tal profunditat). Aquest càlcul parteix de la informació disponible per a cada sòl de: nombre d'horitzons, profunditat dels mateixos, contingut en matèria orgànica, contingut en elements grossos, textura i contingut en argila. Es tracta d'un total de 74 perfils distribuïts majoritàriament dins de l'àrea metropolitana, un 71% dels quals es troben dins d'un radi de 10 km a aquesta i un 98% en un radi de 30 km, coincidint sempre amb les unitats cartogràfiques definides al mapa de sòls 1:250.000 de Catalunya que estan dins de l'Àrea Metropolitana (veure més endavant).
183. En primer lloc es calcula la densitat aparent de cada horitzó (i), la qual depèn del contingut en argila (%argila) i el contingut percentual en matèria orgànica (que al multiplicar-la pel factor 0.58 passa a ser % de carboni) segons s'indica a l'Equació 2. Els resultats són en t/m^3 (o bé kg/dm^3).

$$Dap_i = 10^{(0.1856 + 0.00106 \cdot \%argila - 0.08546 \cdot \%MO \cdot 0.58)} \quad (Eq.2)$$

184. Un cop calculada la densitat aparent, el següent pas és el de calcular l'embornal de carboni orgànic al sòl. La fórmula emprada per al càlcul de l'embornal de cada horitzó és la indicada a l'Equació 3, on es requereix la informació de Dap (en t/m^3), el contingut percentual en matèria orgànica, la profunditat de l'horitzó (en cm) i el percentatge d'elements grossos (en %).

$$C_i = Dap_i \cdot \%MO_i \cdot 0.58 \cdot Prof_i \cdot \left(1 - \frac{\%EG_i}{100}\right) \quad (Eq.3)$$

185. A partir dels càlculs per a cada horitzó, es determina quin serà el contingut total en carboni dels perfils, sumant tots els valors de C_i fins a una profunditat de 100 cm (en cas que el perfil hi arribi).
186. De cara a realitzar la regressió, aquests valors d'embornal de carboni al sòls s'intentaran inferir a partir de variables disponibles de el total de carboni aeri del punt, el contingut en elements grossos i dues variables dicotòmiques que identifiquen si es tracta d'un sòl calcari (contingut de carbonats elevat) o bé si la textura és arenosa. Comprovant les distribucions dels residus s'arriba a la conclusió que la relació entre variables predictores i variable dependent ha de ser a través de logaritme neperià. El resum del model de regressió lineal fet córrer amb SPSS és l'indicat a les taules 7, 8 i 9. A la figura 11 es mostra la distribució dels residus.

Taula 7. Resum del model.

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación	Durbin-Watson
1	,659(a)	,434	,402	,43718	1,803

a Variables predictoras: (Constante), Caeri, Texturaarenosa, Elements_g, Calcari

b Variable dependiente: ln_SOC

Taula 8. Resultats de l'estudi ANOVA

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	10,275	4	2,569	13,440	,000(a)
	Residual	13,379	70	,191		
	Total	23,654	74			

a Variables predictoras: (Constante), Caeri, Texturaarenosa, Elements_g, Calcari

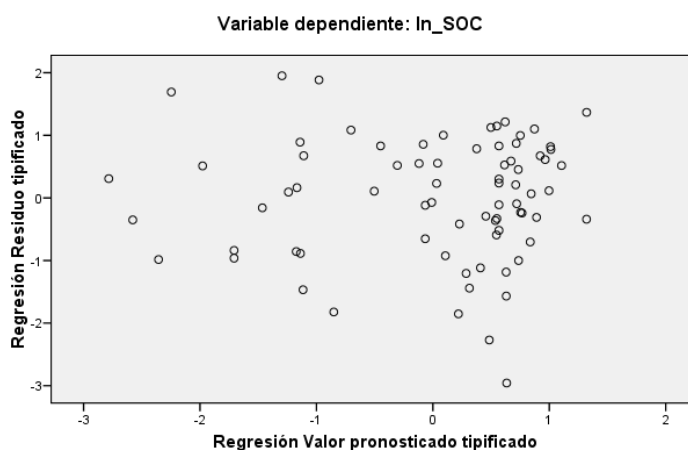
b Variable dependiente: ln_SOC

Taula 9. Coeficients obtinguts en la regressió.

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	Estadísticos de colinealidad	
		B	Error típ.	Beta	Tolerancia	FIV	B	Error típ.
1	(Constante)	3,925	,162		24,165	,000		
	Calcari	,242	,133	,214	1,827	,072	,588	1,702
	Elements_g	-,011	,004	-,270	-2,933	,005	,953	1,049
	Texturaarenosa	-,534	,153	-,398	-3,482	,001	,618	1,618
	Caeri	,007	,004	,184	1,984	,051	,937	1,067

a Variable dependiente: ln_SOC

Figura 11. Distribució dels residus en la regressió obtinguda entre el logaritme neperià de l'embornal de carboni i les variables dependents.



187. Així doncs s'obté una relació lineal entre el logaritme neperià de l'embornal de carboni al sòl (en t de C/ha) i les variables independents amb una R^2 de 0.434. L'equació que la representa és l'Equació 4, a partir de les variables ja nombrades més amunt (quantitat de carboni aeri, percentatge d'elements grossos i les dues variables dicotòmiques per identificar els sòls calcaris i aquells sòls amb textura arenosa).

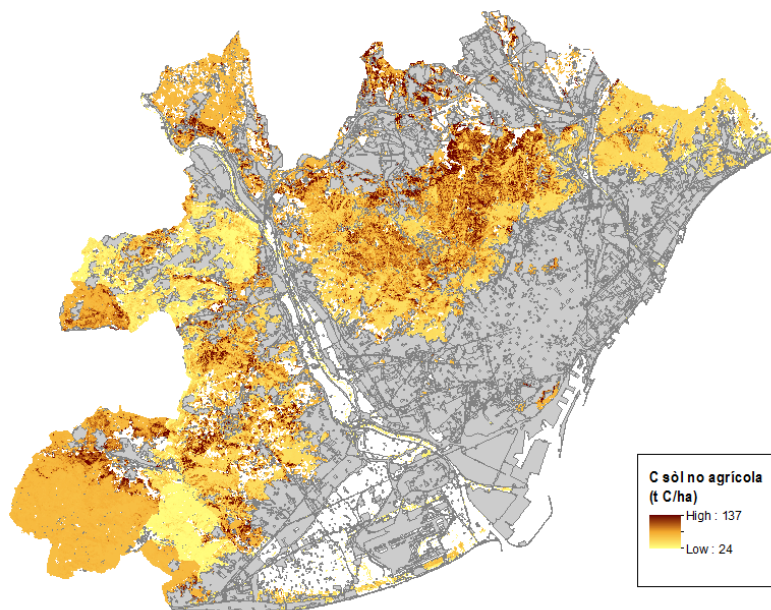
$$C = e^{(3.925 + 0.007 \cdot Caeri - 0.011 \cdot \%EG + 0.242 \cdot Calcari - 0.534 \cdot Arenós)} \text{ (Eq.4)}$$

188. Per tal de poder aplicar aquestes fórmules i obtenir un mapa del carboni total als sòls no agrícoles de l'AMB, cal definir els valors de Carboni aeri per a tots els seus punts (el qual es fa amb l'ús del ràster del CREAM de carboni aeri total en cel·les de 20x20m), el contingut mitjà en elements grossos i si els sòls tenen caràcter calcari o arenós. Per a aquestes tres darreres variables el què es fa és, a partir de les informacions dels 74 perfils de l'ICGC, caracteritzar de forma general les categories dels sòls definides al mapa de sòls. Així, les dades emprades són les indicades a la taula 10. A partir d'aquestes, fent un càlcul de ràster s'obté el valor del carboni al sòl no agrícola, fixant però un lílndar màxim a 137, ja que és el valor màxim observat en els punts de l'ICGC (els quals no observaven valors en plantacions, passant així que sovint en aquests casos, que representen un percentatge menor al 2% dels punts totals, s'obtinguessin valors superiors a 137).

Taula 10. Valors presos per unitat de sòl per tal de fer el càlcul de l'embornal de carboni total.

Codi_ut	EG (%)	Arenosa	Calcari
U43a	10,7	0	1
U43c	19	1	0
U43d	21,2	0	0
U43e	25,6	0	0
U45	10,7	0	1
U48	10,8	0	1
U49a	15,6	0	1
U53	15,7	0	1
U54	12,6	0	1
U56	10	0	1
U60	8,4	0	1
U62	5,3	1	0
U64	5,3	1	0
U66	5,3	1	0

Figura 12. Mapa de carboni al sòl no agrícola obtingut amb la regressió de l'Eq.4.



18.4 CARBONI ORGÀNIC AERI I A LES ARRELS DE CULTIUS LLENYOSOS

189. Els criteris seguits en aquest cas són principalment els indicats a l'estudi sobre els embornals de carboni a Catalunya (Vayreda et al., 2017). Així, en funció de la tipologia de cultiu llenyós es procedeix de forma diferent, tal i com s'indica a continuació. Com es veurà, es van fent procediments que es troben detallats al model "CAeriAgr" i que també s'extreuen a CaeriarrUs.xlsx que es troba a 03 Estoc de carboni\05 CAeriAgr

14.4.1 CARBONI AERI I A LES ARRELS DE LA VINYA

190. Es disposa d'informació del Registre de la Vinya de Catalunya (2012) que permet obtenir informació sobre el 98% de totes aquelles superfícies caracteritzades com a vinya. Aquest registre dona informació (actualitzada l'any 2013) sobre les edats i els marcs de plantació de les vinyes. Així, per a cada polígon per al que es disposa d'informació (els quals no estan territorialitzats) es calcula la seva biomassa aèria, seguint les fórmules indicades a les equacions 5-6, on l'edat és els anys des de la plantació (posant de referència actual l'any 2015), D_i és la densitat de plantació i 0.45 el factor de conversió de biomassa a carboni. Així, les dades s'obtenen en t de C/ha. Com es pot veure, quan es superen els 35 anys, a partir d'aquí es considera que no hi ha més creixement de l'embornal i per tant es substitueix l'edat per 35 anys. És el mateix que es farà amb tota la resta de cultius llenyosos.

$$C_{aeri,i} = (9.7947e^{1.2506 \cdot edat_i}) \cdot D_i \cdot \frac{0.45}{1000} \text{ fins als 3 anys (Eq.5)}$$

$$C_{aeri,i} = (1814.9 \cdot \ln(edat) - 1615.8) \cdot D_i \cdot \frac{0.45}{1000} \text{ fins als 35 anys (Eq.6)}$$

$$C_{aeri,i} = (1814.9 \cdot \ln(35) - 1615.8) \cdot D_i \cdot \frac{0.45}{1000} \text{ a partir de 35 anys (Eq.7)}$$

191. Per a les arrels, el què es fa és utilitzar la fórmula de la ratio entre la part subterrània de la biomassa i la part aèria d'aquesta, que també s'indica a l'informe del canvi climàtic. La fórmula és la indicada a l'Eq.8

$$C_{arrels,i} = 1.743 \cdot edat^{-0.344} \cdot C_{aeri,i} \text{ (Eq.8)}$$

192. Per a aquells municipis amb dades es fa la mitjana ponderada dels valors de t C/ha. En aquells que tenen vinya l'any 2015 però que no tenen dades, es fan les estimacions a partir de les mitjanes de totes les t C/ha dels municipis que efectivament estan a dins de l'AMB.

14.4.2 CARBONI AERI I A ARRELS EN LES OLIVERES

193. En el cas de les oliveres es disposa de la informació del SIGPAC sobre densitats de plantació però no es té informació detallada de les edats. A partir de l'informe de l'ESYRCE (2013) sobre edats mitjanes a nivell de Catalunya es fa una estimació aproximada (i a partir de observacions directes dels ortofotomapes amb el Vissir3 de l'ICGC) de quines són les edats, les quals oscil·len entre els 15 i els 60 anys. Cal tenir en compte que les densitats observades a l'AMB són molt majors a les observades a nivell general de Catalunya. Tanmateix, es comproven també a partir del Vissir3 i es veu que efectivament són correctes.

194. Les equacions proposades a l'informe de l'IPCC per Catalunya permeten el càlcul de l'Àrea basal del tronc (en cm²), la qual després s'aplica a la fórmula de Villalobos et al. (2006) que permet estimar el pes total dels arbres. Així, les fórmules definitivament aplicades són les indicades a les equacions 9-10.

$$C_{aeri,i} = (4.4888 \cdot edat^{1.5636}) \cdot 0.328 \cdot D_i \cdot \frac{0.45}{1000} \text{ fins als 8 anys (Eq.9)}$$

$$C_{aeri,i} = (276.96 \cdot \ln(edat) - 479.96) \cdot 0.328 \cdot D_i \cdot \frac{0.45}{1000} \text{ fins als 150 anys (Eq.10)}$$

195. Per a l'estimació de la quantitat d'arrels, s'empra el factor proposat a l'informe de canvi climàtic del 30% de la biomassa aèria.

196. De la mateixa manera que amb la vinya, per als municipis amb dades es fa la mitjana ponderada dels valors de t C/ha. I en aquells que tenen oliveres l'any 2015 però no hi ha informació es prenen estimacions mitjanes de les dades comarcals o, en cas que tampoc hi hagi dades comarcals, de mitjana de l'AMB.

14.4.3 CARBONI AERI I A LES ARRELS EN ARBRES FRUITERS

197. Dins de la categoria d'arbres fruiters hi entren aquells fruiters de llavor, de pinyol, de cítrics i de closca. Així, cadascun d'ells té un procediment de càlcul, que és similar per als fruiters de llavor, pinyol i cítrics,

mentre que en el cas de l'ametller per falta de dades se'n fa una estimació segons el què es diu a l'informe del Canvi Climàtic (representa tant sols 22 ha l'any 2015). Aquest valor s'estima de 6.3 t C/ha de carboni aeri i 2.7 t C/ha de les arrels a partir de la informació de que la closca suposa uns valors de 8 a 16 t C/ha segons el marc de plantació. Observant els marcs de plantació que existeixen a l'AMB, que oscil·larien entre els 150 i els 300 p/ha, es pren un valor orientatiu de 9 t C/ha totals, repartides de tal forma que la part subterrània correspongui a un 30% de la biomassa total de la planta.

198. Les dades per a la resta de fruites s'obtenen del Registre de Fruita de Catalunya a on es separen els fruiters de llavor, de pinyol i cítrics. De cadascun d'ells es fa el càlcul seguint el mateix procediment que per a la vinya o la olivera tot i que òbviament amb fórmules diferents. Per als fruiters de llavor la fórmula és la indicada a l'Eq.11, i les arrels s'estimen com el 30% de la biomassa aèria.

$$C_{aeri,i} = (0.0086 \cdot edat^2 + 0.6541 \cdot edat) \cdot D_i \cdot \frac{0.45}{1000} \text{ fins als 25 anys (Eq.11)}$$

199. Per als fruiters de pinyol, la fórmula és la de les equacions 12 i 13. Les arrels aquí, en comptes d'estimar-se com a fracció de la biomassa aèria, representen el 30% de la biomassa total.

$$C_{aeri,i} = (2.2633 \cdot edat^2 - 5.1189 \cdot edat + 3.2601) \cdot D_i \cdot \frac{0.45}{1000} \text{ fins als 4 anys (Eq.12)}$$

$$C_{aeri,i} = (2.2633 \cdot edat^2 - 5.1189 \cdot edat + 3.2601) \cdot D_i \cdot \frac{0.45}{1000} \text{ fins als 4 anys (Eq.13)}$$

200. I per als cultius de cítrics, la fórmula és la indicada a l'equació 14. De nou, com en el cas dels fruiters de pinyol, la part subterrània s'estima com a 30% de la biomassa total de la planta.

$$C_{aeri,i} = (0.5718 \cdot edat^2 - 0.8467 \cdot edat) \cdot D_i \cdot \frac{0.45}{1000} \text{ fins als 4 anys (Eq.14)}$$

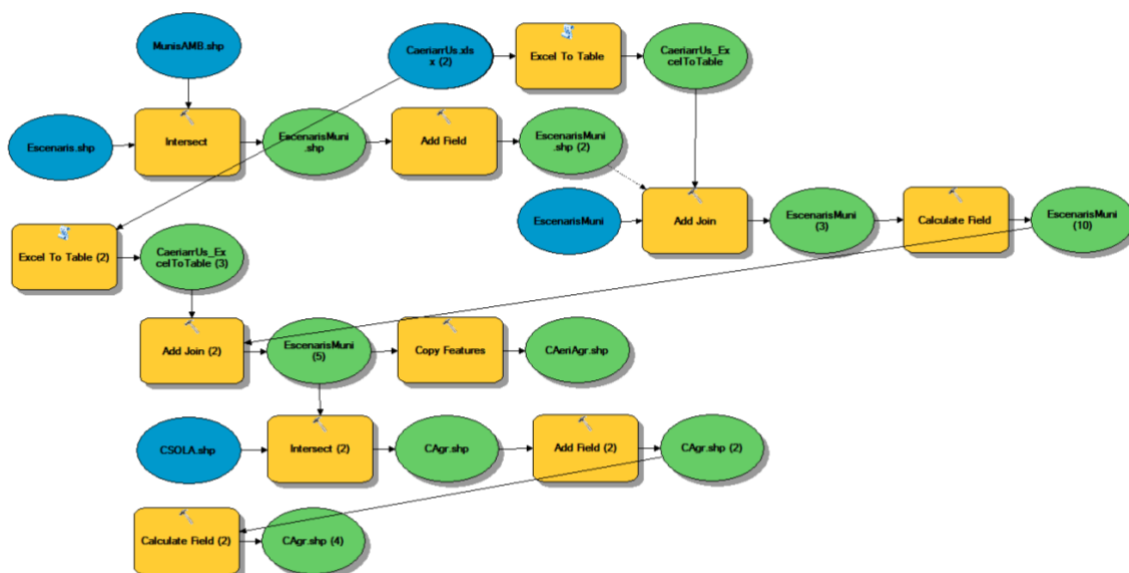
201. Cal notar que les equacions dels fruiters de llavor (Eq.10) i de cítrics (Eq.13) no es corresponen a les indicades a l'informe del Canvi Climàtic, sinó al pòster presentat per Funes et al. (2015) al IV Workshop Remedia sobre Mitigació d'emissions de Gasos d'Efecte Hivernacle Provenient del Sector Agroforestal. Això es deu a un error en l'informe del Canvi Climàtic.

202. Un cop calculats els valors mitjos a escala municipal de cadascun dels fruiters, el què es fa és ponderar-los segons la superfície que hi ha al municipi de cadascun d'ells per obtenir un valor únic per polígon de "altres fruiters".

14.4.5 CÀLCUL TOTAL DE CARBONI DELS CULTIUS LLENYOSOS

203. Amb la informació del valor mig de carboni aeri en els cultius llenyosos de cada municipi (caeriarrUs), es fa el procediment indicat a la figura 13 per tal d'acabar obtenint el mapa a on es transposen les dades de la taula amb informació de C aeri i a les arrels per ús del sòl i municipi als polígons corresponents del mapa d'escenaris.

Figura 13. Procés de càlcul del carboni aeri i en arrels de cultius llenyosos.

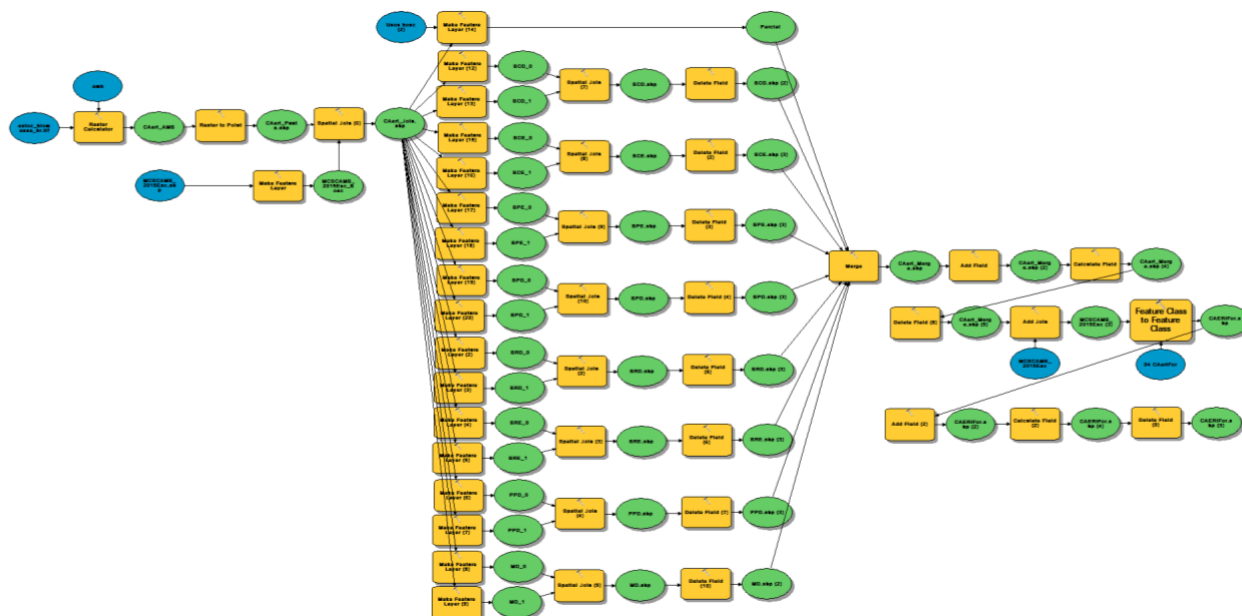


18.5 CARBONI ORGÀNIC AERI EN SÒLS NO AGRÍCOLES

204. De cara al càlcul del carboni aeri forestal el què es fa és prendre el mapa d'estoc de carboni aeri desenvolupat pel CREAM amb dades per a l'any 2015. El model es troba a "CAeriFor". Tal i com es mostra a la figura 14, a partir d'aquest mapa en format raster (coavobeforest), que es transforma a punts, es fa un spatial join amb el mapa d'escenaris. Així, alguns polígons d'espais no agrícoles, disposaran d'informació, mentre que d'altres no.

205. Aleshores, es separen els polígons amb informació i els que no tenen informació per a cada ús no agrícola que existeix (fins a un total de 7 usos de bosc com es mostren a la taula 5, més les pastures i els matollars). Es fa doncs un spatial join per a cada ús diferent, creuant la informació dels polígons sense dades amb les dels polígons amb dades. A partir d'aquí es fa un merge generant el mapa conjunt.

Figura 14. Procés de càlcul del carboni aeri en els usos no agrícoles.

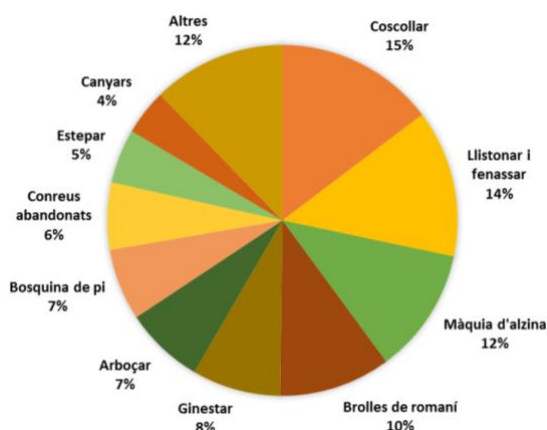


18.6 CARBONI ORGÀNIC EN LES ARRELS DE BOSCOS I MATOLLARS I EN LA CAPA ORGÀNICA

206. De cara a seleccionar quins són els factors utilitzats per a estimar el carboni orgànic acumulat als sòls en forma vegetal procedent de la coberta arbòria es prenen dades de diverses referències. En aquest aspecte es té en compte que com més xèrica sigui la situació de l'AMB en comparació amb les dades dels estudis, més elevada és la R/S ratio (Canadell i Rodà, 1991).

207. La taula 11 mostra la selecció de factors per espècies i el valor definitiu en cas que n'existixin diverses. De cara al matollar, mentre al Garraf és principalment garriga (*Quercus coccifera*), la diversitat de comunitats és altíssima. Mentre per una banda existeixen les pòpies bosquines de pi i màquies d'alzina (que sumen un 7 i un 12% del total respectivament), existeixen formacions més herbàcies tipus llistonar i fenassar o conreus abandonats (14 i 6% respectivament) i d'altres de caràcter molt més arbustiu com la brolla de romaní, ginestar, arboçar, estepar o els canyars (que sumen un 34% dels matollars).

Figura 15. Resultats creuament dels matollars del MCSC2015 amb el Mapa d'Hàbitats de Catalunya 1:50.000



208. Donada l'alta diversitat de tipologies de matollar, i partint del fet que un 12% són màquies d'alzina (valor mig 0.45), un 7% bosquines de pi (0.23), es decideix prendre un valor orientatiu de 0.95 en el root:shoot ratio dels matollars en termes generals.

Taula 11. Valors de referència i valors decidits per al root:shoot ratio d'espais forestals i matollar segons la coberta del MCSC2015.

Coberta	Espècie	Valor	Referència	Valor decidit
Bosc caducifoli	Quercus ilex	0.45	Canadell & Rodà, 1991	0.45
		0.323	Ruiz-Peinado et al., 2012	
		0.84	Guzmán et al., 2014	
Bosc coníferes i plantacions	Pinus halepensis	0.229	Ruiz-Peinado et al., 2011	0.24
	Pinus pinea	0.243	Ruiz-Peinado et al., 2011	
	Pinus pinea	0.30	Correia et al., 2010	
Bosc de ribera	Populus x euramericana	0.363	Ruiz-Peinado et al., 2011	0.36
Matollar corredor fluvial i aiguamolls	Quercus coccifera	1.1-1.7	Canadell & Zedler, 1995	0.95
		2	Rapp & Lossaint, 1981	
		2.6-4.7	Cañellas & San Miguel Ayanz, 2000	
	Erica arborea	0.3-0.4	Canadell & Zedler, 1995	
	Erica scoparia	0.78	Silva & Rego, 2004	
	Pistacia lentiscus	0.7-0.9	Vallejo, 1997	
	Arbutus unedo	0.5	Canadell & Zedler, 1995	
	Cistus sp.	0.64	Silva & Rego, 2004	

209. En relació a la capa orgànica (fullaraca), de la qual depenen les aportacions de carboni al sòl, amb el qual té doncs una relació significativa (Raich and Nadelhoffer, 1989), prenem els valors mitjans de Tolunay (2011), per a Turquia segons el qual la relació horitzó orgànic/resta de sòl és del 9.7% en boscos de coníferes, 4.4% en boscos caducifolis i 2.1% en matollar.

210. Un cop definits aquests valors, es procedeix a fer el càlcul del mapa segons es pot comprovar a les figures 10 i 11. La figura 15 mostra com s'agafa la informació de carboni aeri forestal per a determinar els factors per a les arrels (model CArrFor), mentre que en la figura 16 es veu com la fullaraca depèn del mapa de carboni al sòl (model CLitFor).

Figura 15. Procés de càlcul del carboni en les arrels en els usos no agrícoles.

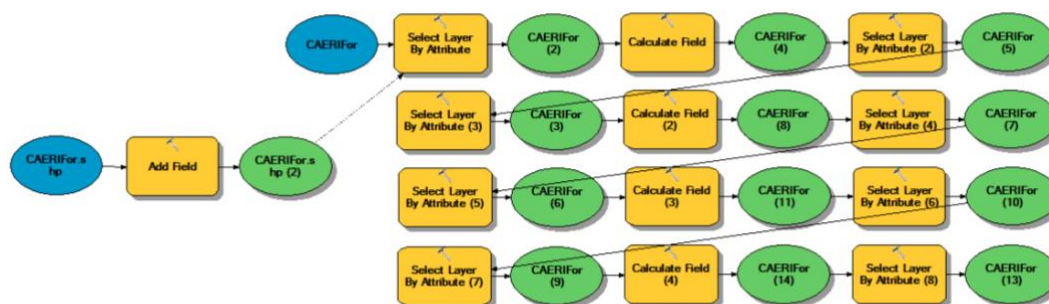
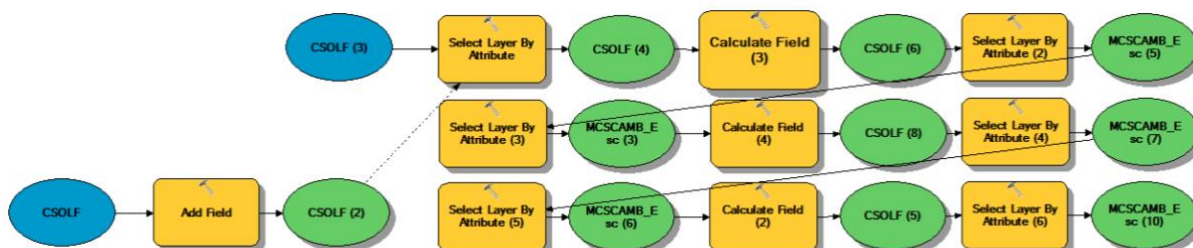


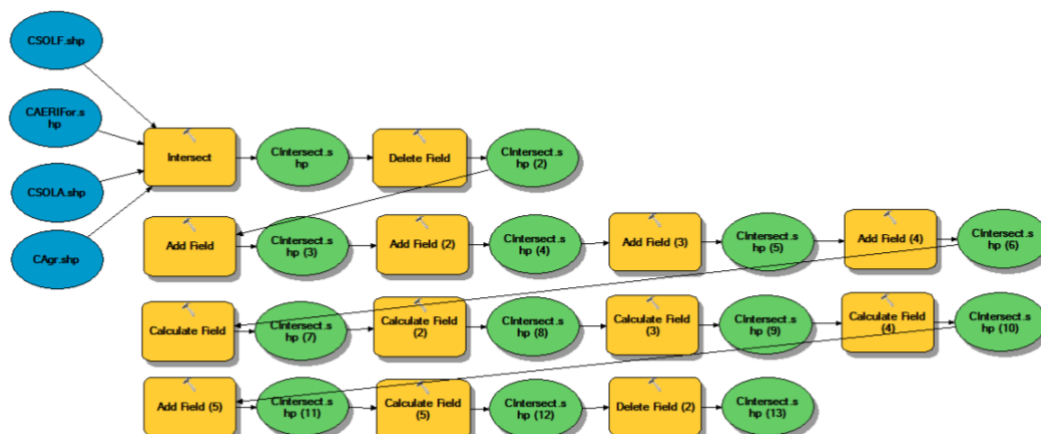
Figura 16. Procés de càlcul del carboni en la capa orgànica en els usos no agrícoles.



18.7 CARBONI ORGÀNIC TOTAL EN ESTOC

211. El darrer pas per obtenir el mapa de carboni total per a l'escenari 0 és el d'unir tots els mapes parcials realitzats (Csolf, Caerifor, Csolagr, Caeriagr), com es mostra a la figura 17. Així, es sumen tots els valors (a excepció del Caeriagr i Csolagr que només es sumen en cas que efectivament el polígon ja sigui agrícola i no simplement un agrícola potencial).

Figura 17. Procés de càlcul del mapa d'embornal total de carboni als espais oberts de l'AMB.



19. ACTUALITZACIÓ DEL BALANÇ. ESCENARIS DE COBERTES

Per quan es vulgui modificar l'escenari de cobertes del sòl aquí s'indiquen els principals elements a tenir en compte:

212. Per als escenaris típics calculats (E0, 1, 2, 3), el que s'ha de fer és agafar la informació que ja s'ha indicat al pas 3 i canviar-la a la BD Base Escenaris (segons si és maneig orgànic o convencional), tenint en compte que s'ha d'agafar la informació correctament disposada segons l'ordre dels municipis (al Balanç estan ordenats per CP i no per ordre alfabètic com podria semblar a priori).
213. Per a nous escenaris que es calculin, caldrà tenir molt en compte quines són exactament les cobertes d'entrada al model, ja que sovint quan es determinen nous escenaris no hi haurà informació per exemple del tipus de cobertes agrícoles. Aquí es recomanaria reiterar el que es va fer inicialment amb els escenaris, a falta d'un criteri millor, que va ser estimar la coberta agrícola més propera i inferir a la nova coberta agrícola aquell tipus de cultiu.
214. Caldrà també revisar doncs que la pàgina en què s'unifiquen els criteris del SIGPAC i de la DUN no doni errors i que les superfícies de cobertes estiguin ben caracteritzades en termes d'usos (passos 4-7).
215. També aquestes dades generaran uns nous coeficients d'espècie (concretament, coeficients de cultiu), que s'hauran de tornar a passar al model hidric (pas 143) i recalculer el model hidric
216. Aquest model hidric s'haurà de retornar després a AIGUA – Entrada balanç
217. Pel què fa a l'estoc de carboni, el model s'haurà de recalculer des del principi canviant el mapa de cobertes (pas 177). No es necessari tanmateix canviar els models estadístics utilitzats, com el calculat pel carboni al sòl forestal, a no ser que sigui per a incloure-hi millores.
218. En cas que sigui model ecològic s'ha de tornar a distribuir la dieta animal amb els criteris definits (pas 35), i fer que això es reflexi adequadament quan s'estiguin recollint tots els fluxos materials a les fulles FLOWS – MJ i FLOWS – Kg.
219. Sobretot en cas que s'estigui treballant amb el model ecològic, però sempre és convenient, cal revisar amb profunditat el balanç de nutrients per tal de comprovar que entrades i sortides siguin correctes (subapartat 9.4).
220. Per últim, si es tracta d'un nou escenari, caldrà preparar les bases per a la seva representació (subapartat 16.2), tenint en compte que això modifica, en tots els excels de pas de dades per coberta a dades per cel·la, les fulles de Superfície i Superfícies-Cel. Aquestes dades es poden extreure de les mateixes bases d'excel explicades al pas 3. Però si és un escenari nou s'hauran de refer.

20. EXTRACCIÓ DE RESULTATS

Un cop fets tots els càlculs dels diversos models, es passa a determinar els indicadors. Aquests indicadors ja s'han anat calculant al llarg del procés però aquí s'indiquen les condicions de recollida i de representació.

20.1 OBTENCIÓ DELS INDICADORS

221. Un cop s'han calculat tots els passos fins a l'obtenció de tots els models, es comencen a recollir les dades a les fulles de FLOWS del balanç que es troba a \\sifs03\iermb\$\RECERCA\ECOLOGIA I TERRITORI\06 Bases Dades\BD Model SIA Espais Oberts\01 Model SIA (només per aquells indicadors que surten directament del balanç). Cal tenir en compte tots els criteris explicats anteriorment i l'objectiu d'aquestes fulles és anar representant els grans fluxos (FP, LBR, FBR, EI, FW, LW, UB) per a cada coberta. Sobretot aquí es repartiran aquells fluxos de fitomassa. El mateix amb la fulla de FLOWS – Kg
222. A partir d'aquí es comencen a generar les fulles d'extracció de resultats (MAP – Indicador). Hi ha també algunes fulles preparades per tal de treure resultats a nivell de mapes de cobertes i no de les cel·les (són els que es diuen TMAP) per si mai es necessiten (s'anaven a fer servir per al projecte de Criteris i Mètodes de l'any 2019 però no es van fer servir).
223. Per a l'indicador A1A d'eficiència energètica, es recullen els valors de FP per coberta i també els valors d'EI. S'extreuen per separat, ja que el valor d'EFEROI es calcula per cel·la.
224. Per a l'indicador B1 ELIA es disposa dels valors que ja s'han calculat a l'apartat 12 però que s'han de relativitzar per hectàrea (es fa a ELIA – MJ/ha) i es treuen per tant les dades per coberta i municipi en termes de MJ/ha.
225. Per a l'indicador D1 dels gasos d'efecte hivernacle el què es fa és treure'ls del balanç d'emissions que s'ha fet a l'apartat 11. Normalment aquest indicador no inclou la fixació al sòl, ja que es calcula com a indicador a part. Les dades aquí estan en Kg CO₂eq/ha.
226. Per a l'indicador E1A es calcula la recirculació de fòsfor total per hectàrea sobre el fòsfor aportat (és un percentatge). De nou, com en el cas del pas 226, es tenen els valors de fòsfor local i de fòsfor total aportat per hectàrea (en kg) per separat, ja que el valor final es calcularà per cel·la. Aquestes dades han d'estar relativitzades també en termes de kg de P per hectàrea. Les dades surten dels càlculs fets al balanç de nutrients a l'apartat 9 (passos 64.4 i 65.10 per al maneig convencional i ecològic respectivament).
227. En el cas de l'indicador E1C que és simplement la producció agrícola en kg de matèria seca. Aquestes dades han d'incloure només la producció agrícola que surt del sistema, és a dir, descomptant LBR. Les dades estan en kg de ms per hectàrea.
228. Per a l'indicador F1 s'agafen les dades d'UTA/ha que surten del càlcul del treball (subapartat 10.5).
229. Per a l'indicador A1C s'extreuen tots els valors per cel·la de A1C_X_X_1 (valors de producció primària neta recol·lectada kg de més) i Tots els valors de A1C_X_X_2 (valors de producció primària neta total en kg de més). El càlcul d'aquest indicador es construeix com el valor A1C_X_X_1 de cada cel·la dividit per

els valors de A1C_X_X_2 de cada cel·la. La mitjana per escenari serà llavors la sumatòria de tots els valors per cel·la de A1C_X_X_1 dividit la sumatòria de tots els valors de A1C_X_X_2. S'expressa com un percentatge.

20.2 PAS DE COBERTES A CEL·LES

230. Un cop fets tots els càlculs dels indicadors preparats per a la sortida, cal obrir les bases d'excel per al pas de cobertes a cel·les (es troben totes a la carpeta \\sifs03\iermb\$\RECERCA\ECOLOGIA I TERRITORI\06 Bases Dades\BD Model SIA Espais Oberts\09 Transposició BD-mapes).
231. Cada fulla excel és diferent per a cada indicador però tots contenen la mateixa informació: la informació de l'indicador que s'extreu de l'apartat 16.1; i la informació de la composició de les cel·les. Aquesta informació de les cel·les es resumeix en dos llocs diferents. És fonamental que aquesta informació es modifiqui cada vegada que es canviï d'escenari de cobertes, ja que sinó s'estarà calculant malament el valor per cel·la.
 - 231.1 A la fulla superfícies s'hi posa el resum per cobertes de cada cel·la. Això serveix en alguns casos per a ponderar els valors en funció de la superfície de la cel·la (quan són valors absoluts), per a estimar la superfície de cobertes que participen d'aquest indicador (necessari per al pas 235) i també en d'altres per a calcular altres variables associades com pot ser l'índex de Shannon en el cas de l'indicador B1.
 - 231.2 A la fulla superfícies – cel es disposa la informació de la composició de cada cel·la segons coberta i municipi en m². Aquesta fulla és la que després es multiplica amb les dades d'entrada al model (apartat 16.1) per tal d'obtenir els valors per cel·la.
232. Amb aquestes informacions es calcula el valor de l'indicador. Normalment a la fulla de Resultat s'hi disposa el valor final per cel·la. Aquest valor per cel·la molts cops té una màscara posada que impedeix que aquelles cel·les que tenen molt poca superfície de cobertes que participen en l'indicador tinguin representació. El criteri bàsic és que hi ha d'haver almenys un 4% de superfície de les cobertes que tenen valor en l'indicador per tal que es representi. Així, si representem l'indicador A1 que només té valor en l'agricultura, si en una cel·la de 25 ha (valor màxim de la cel·la) hi ha només 0.4 ha de cultius agrícoles, es considerarà que no s'ha de representar el valor.
233. Per tal de facilitar la representació dels indicadors és recomanable ajuntar tots els indicadors sota una taula (inclús si es va a representar diversos escenaris posar-los tots junts) de la mateixa manera que es pot veure al fitxer "Indicadors principals complet v08.xlsx" que està a \\sifs03\iermb\$\RECERCA\ECOLOGIA I TERRITORI\06 Bases Dades\BD Model SIA Espais Oberts\05 Transposició BD-mapes
234. Totes les dades de cada indicador es van traient amb aquests excels a excepció dels indicadors A2 de consum d'aigua i E1B d'estoc de carboni, les capes resultants dels quals (apartats 13 i 14) s'han d'intersectar amb la capa de cel·les, que es troba a dins la carpeta \\sifs03\iermb\$\RECERCA\ECOLOGIA

I TERRITORI\06 Bases Dades\BD Model SIA Espais Oberts\06 Extracció resultats\Malla sota el nom Malla500_RMB_sj_AMB.shp. Aquest procés està descrit per a l'indicador d'aigua al pas 175. Un cop fets els creuaments es poden afegir a la taula del pas 236.

20.3 DADES PEL SISTEMA DE SUPORT A LA PLANIFICACIÓ

235. Per al sistema de suport a la planificació (SSP), es munta una taula similar a la del pas 236 però s'afegeixen també les columnes d'informació "en cru" per als indicadors. Això vol dir per una banda que per a tot indicador es posa la informació sense la màscara que s'ha posat al pas 235, però també que per aquells que tenen un valor relatiu (amb numerador i denominador) s'hi ha de posar el valor del numerador i del denominador. Aquesta taula es troba a \\sifs03\iermb\$\RECERCA\ECOLOGIA I TERRITORI\06 Bases Dades\BD Model SIA Espais Oberts\07 Sistema Suport Planificació\Model socioecologic BD_Celles\Model socioecologic BD_Celles v09_Transicio.

20.4 REPRESENTACIÓ DELS INDICADORS

236. La representació dels indicadors doncs partirà de la taula del pas 236 completa. Aleshores cal fer un join amb la capa de cel·les que hi ha al pas 237. Així tindrem la possibilitat de fer la representació espacial dels valors de les cel·les.
237. Dins de les carpetes del model s'ha deixat també les capes de representació de cada indicador a \\sifs03\iermb\$\RECERCA\ECOLOGIA I TERRITORI\06 Bases Dades\BD Model SIA Espais Oberts\06 Extracció resultats\LYR. Aquesta carpeta conté també una altra carpeta per si s'han de representar els resultats a nivell municipal. Les paletes de color només contenen un rang determinat de variació possible (amb els valors que històricament s'han representat). Per tant cal sempre revisar-los amb els valors actualitzats per a què no hi hagi rangs de valors que no quedin representats. El detall de les paletes també està a un excel a la mateixa carpeta que es diu "Paleta indicadors.xlsx".
238. Els escenaris també tenen una paleta de colors que es troba al mateix lloc que la d'indicadors. És la "Paleta escenaris.xlsx". Això no és tant per ArcGIS sinó per a seguir sempre la mateixa paleta de colors quan es fan taules o figures a on surtin els escenaris que existeixen.
239. La lògica que hem seguit amb la representació de les paletes és que cada dimensió té un color i aleshores cada indicador (tenint en compte que cada dimensió pot tenir diverses subdimensions) té un color associat que és una gradació del color de la dimensió. Les paletes escollides després per a representar l'indicador han de ser coherents amb aquest color de l'indicador (veure figura 1 i taula 1). Les paletes han estat construïdes sempre amb codi RGB, partint de valors molt blanquinosos (valors RGB propers a 255, 255, 255) i anant aproximant-se gradualment (sempre la mateixa quantitat de canvi de categoria a categoria) fins al color escollit. Per exemple, si es fa una paleta que va d'un vermellós (255, 220, 220) a un vermell intens (255, 10, 10) i fem 8 categories (2 de les quals ja estan definides doncs), es divideix la diferència

entre el número de categories restants +1 (7) i per tant serà (0/7, 210/7, 210/7) i es comença a sumar aquest interval sobre el valor més intens (255+0, 10+30, 10+30) i així es van construint les categories (la següent seria; 255+0, 40+30, 40+30).

PART III: RESULTATS I DISCUSIÓ

A continuació es presenten les dades quantitatives i cartogràfiques resultants de l'aplicació del model SIA a l'àrea metropolitana de Barcelona, que inclou el càlcul de 10 indicadors sobre els vuit escenaris teòrics de planejament que s'han presentat a la Part II, destacant la informació que aporten els nous indicadors inclosos al SIA: consum d'aigua (A1B), apropiació de biomassa (A1C) i emissions de gasos d'efecte hivernacle (D1).

20.5 APLICACIÓ DELS INDICADORS PRINCIPALS DEL SIA

La taula 12 presenta un resum dels resultats obtinguts en valors agregats per tota l'àrea metropolitana de Barcelona, mostrant els valors absoluts de les unitats de mesura corresponents de cada indicador.

Taula 12. Anàlisi Socioecològica Integrada (SIA) de la infraestructura verda metropolitana. Comparació de les diferències entre els quatre escenaris de cobertes del sòl considerant gestió convencional i orgànica.

SIA		Escenaris							
		Actual		Tendencial		Alternatiu		Potencial	
Dimensió	Indicador	Convencional (S0C)	Orgànic (S0O)	Convencional (S1C)	Orgànic (S1O)	Convencional (S2C)	Orgànic (S2O)	Convencional (S3C)	Orgànic (S3O)
Rendiment metabòlic	A1A	3,41	2,75	3,38	2,68	3,58	3,09	3,31	2,98
	A1B	118	118	95	95	120	120	134	134
	A1C	22,4	20,3	23,6	21,3	32,7	26,5	48,2	41,7
Conservació de la biodiversitat	B1	0,41	0,42	0,35	0,37	0,40	0,42	0,40	0,43
Funcionament del paisatge	C1	0,25	0,25	0,22	0,22	0,25	0,25	0,26	0,26
Canvi climàtic	D1	8,56	6,97	6,94	5,73	11,79	9,55	19,98	15,52
Serveis ecosistèmics	E1A	18,1	32,0	18,1	35,8	18,3	28,5	15,5	18,0
	E1B	2928	2928	2575	2575	2822	2822	2721	2721
	E1C	241	157	201	124	324	231	536	421
Cohesió social	F1	640	839	532	696	897	1188	1829	2397

Indicadors: Eficiència energètica (A1A), Consum d'aigua (A1B), Apropiació de biomassa (A1C), Integració energia-paisatge (B1), Complexitat paisatgística (C1), Emissions de gasos d'efecte hivernacle (D1), Recirculació de nutrients (E1A), Estoc de carboni (E1C), Producció agrícola (E1B), Llocs de treball (F1).

L'anàlisi SIA permet la territorialització dels resultats, el que es realitza utilitzant la malla de cel·les de 500x500 metres que fa servir el PDU. A les seccions 20.2, 20.3 i 20.4 es detallen tots els passos per aconseguir representar cadascun dels indicadors en una malla de cel·les que mostrin els valors mitjans obtinguts. En el cas particular de l'indicador de consum d'aigua (A1B), noves fonts de dades han permès actualitzar la base cartogràfica amb els parcs urbans. Per aquest indicador obtenim valors de consum d'aigua per la vegetació dins d'àrees urbanes quan la superfície dels parcs superen el criteri mínim de representació a la cel·la (1 ha). En les figures 18 a 25 es presenten els mapes dels 10 indicadors aplicats als vuit escenaris considerats. A continuació es comenten els resultats, especialment dels nous indicadors (*) inclosos en el SIA (A1B, A1C, D1).

L'indicador Eficiència energètica (A1) mostra com l'escenari tendencial perd la major superfície amb eficiència de l'agricultura metropolitana, principalment a la part nord-est de l'AMB. Amb l'augment de superfície agrícola dels escenaris alternatiu i potencial, s'incrementen tant els cultius més eficients de la zona nord-est, com de forma molt més distribuïda els cultius menys eficients a l'eix del Llobregat i les zones de vessant.

L'indicador Consum d'aigua (A1B)* s'expressa en els hectòmetres cúbics totals que utilitza la infraestructura verda de l'àrea metropolitana de Barcelona. Aquest indicador varia amb el canvi de cobertes del sòl, però no amb l'ús de varietats convencionals i orgàniques dels cultius, que pel mateix cultiu requereixen la mateixa quantitat d'aigua. És per això que observem una gran disminució del consum d'aigua als escenaris tendencials (S1C i S1O), i un considerable augment de consum d'aigua als escenaris potencials (S3C i S3O), conseqüència de la disminució de cultius i augment de cobertes agrícoles respecte als escenaris actuals, respectivament. Els escenaris alternatius (S2C i S2O) no suposen una gran variació en el consum d'aigua respecte l'escenari actual.

L'indicador Apropiació de biomassa (A1C)* expressa el percentatge de biomassa que utilitzen les activitats humanes del total de Producció Primària Neta de que disposa la infraestructura verda metropolitana. En aquest cas, és als escenaris alternatius on observem un augment significatiu de l'apropiació de biomassa, a l'explotar més part de la infraestructura verda (parcs urbans) per usos agrícoles. Però són sense dubte els escenaris potencials els que resulten en un augment que més que duplica l'apropiació de biomassa respecte a la situació actual, degut al gran augment de superfície agrícola d'aquests escenaris. Els augments d'apropiació de biomassa no són per motius de major explotació de superfícies forestals, sinó pel canvi d'usos del sòl a uns escenaris més agrícoles. Finalment, també s'observa com els escenaris orgànics disminueixen una mica l'apropiació de biomassa respecte als escenaris convencionals, degut als menors rendiments extractius de l'agricultura orgànica si es compara amb la convencional.

Figura 18. Mapes de cel·les dels 10 indicadors resultants per l'escenari convencional actual (SOC).

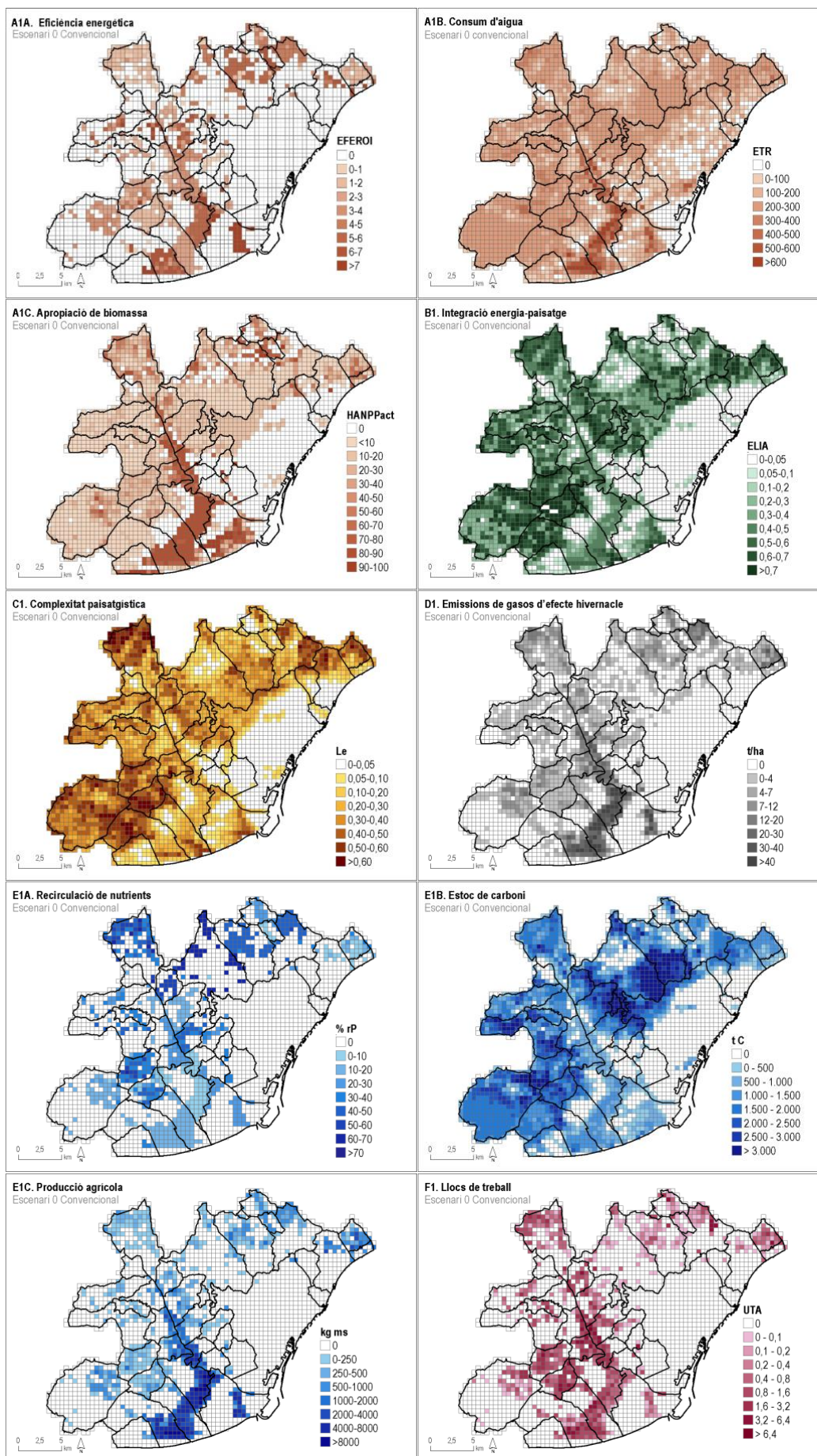


Figura 19. Mapes de cel·les dels 10 indicadors resultants per l'escenari convencional tendencial (S1C).

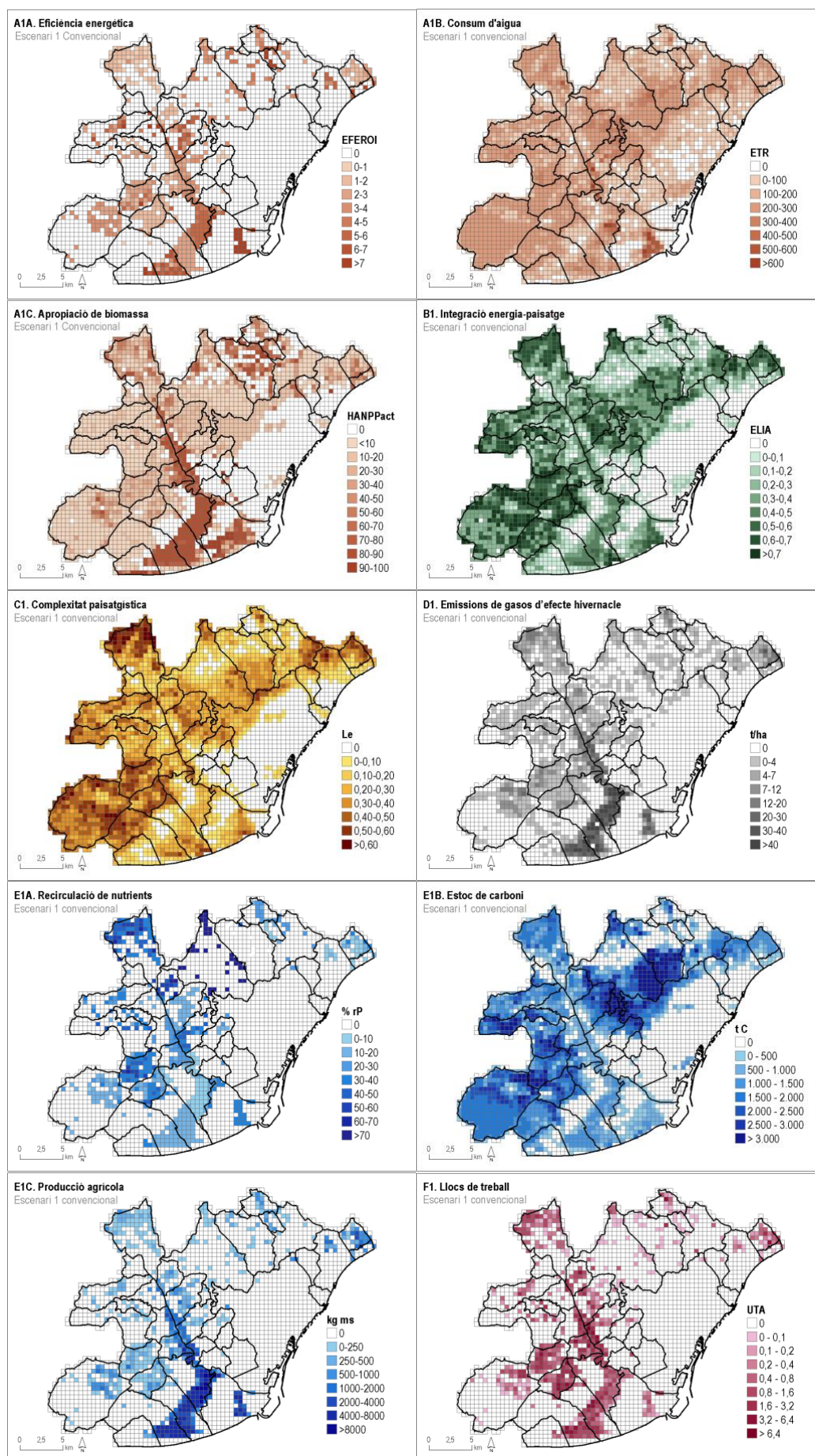


Figura 20. Mapes de cel·les dels 10 indicadors resultants per l'escenari convencional alternatiu (S2C).

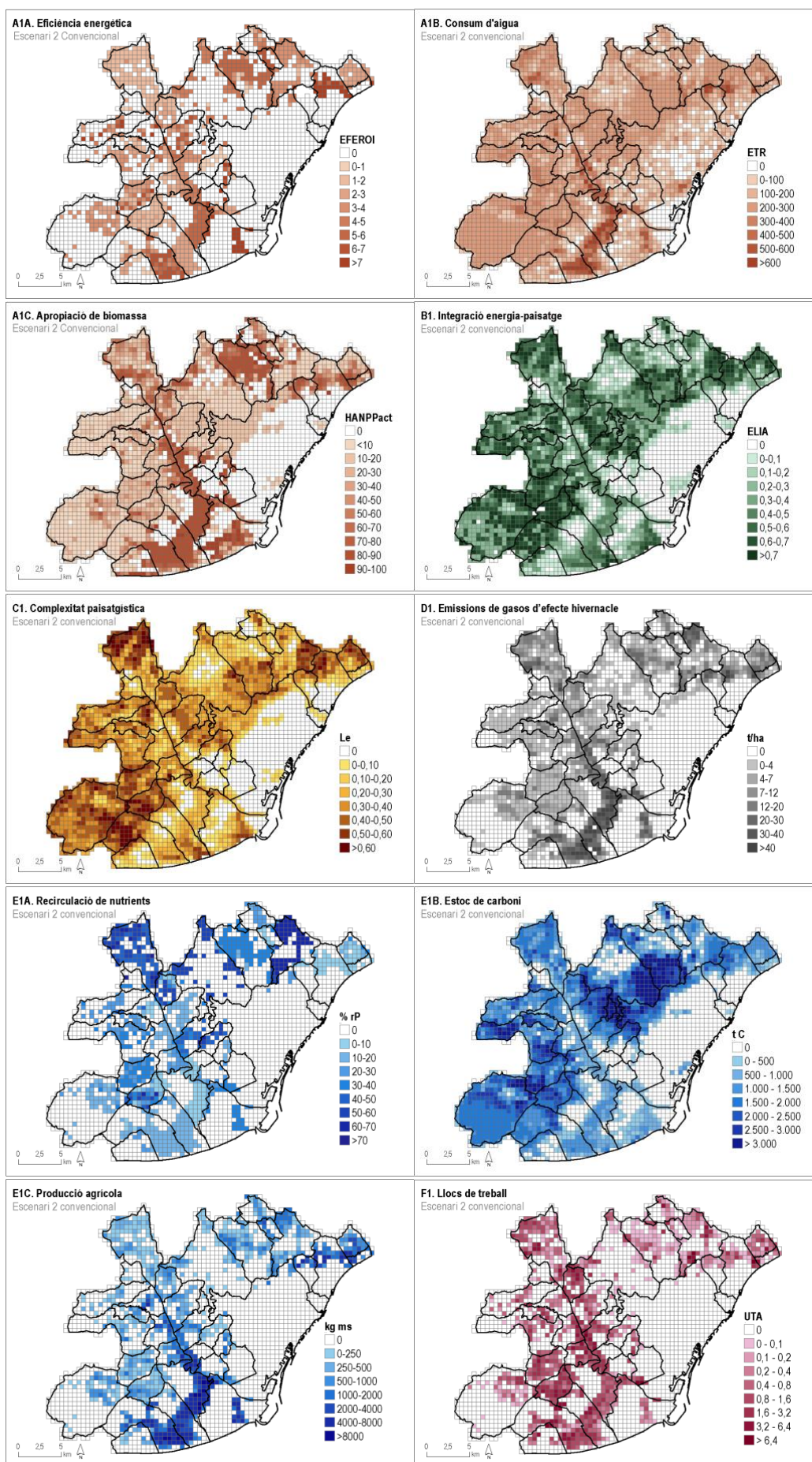


Figura 21. Mapes de cel·les dels 10 indicadors resultants per l'escenari convencional potencial (S3C).

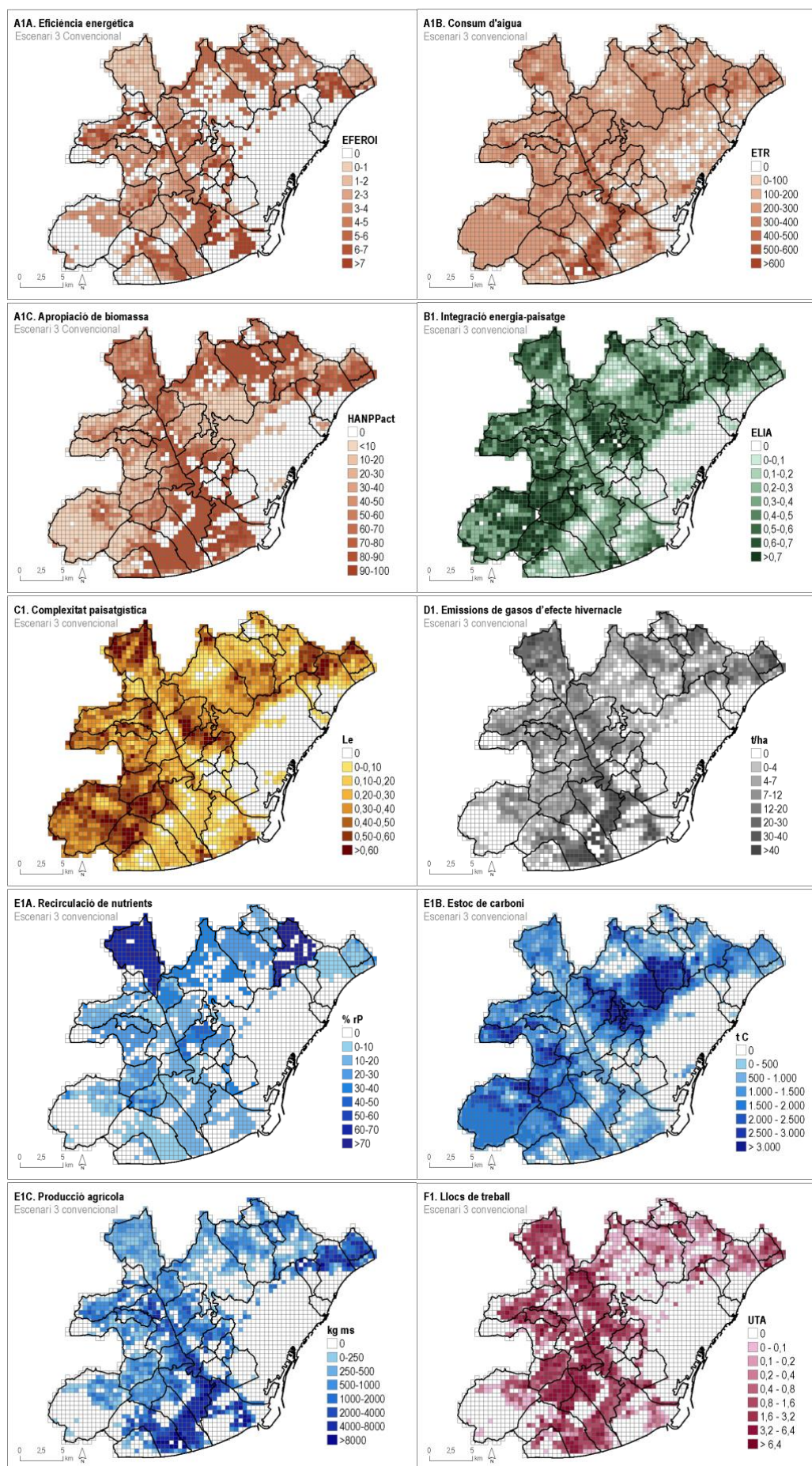


Figura 22. Mapes de cel·les dels 10 indicadors resultants per l'escenari orgànic actual (S00).

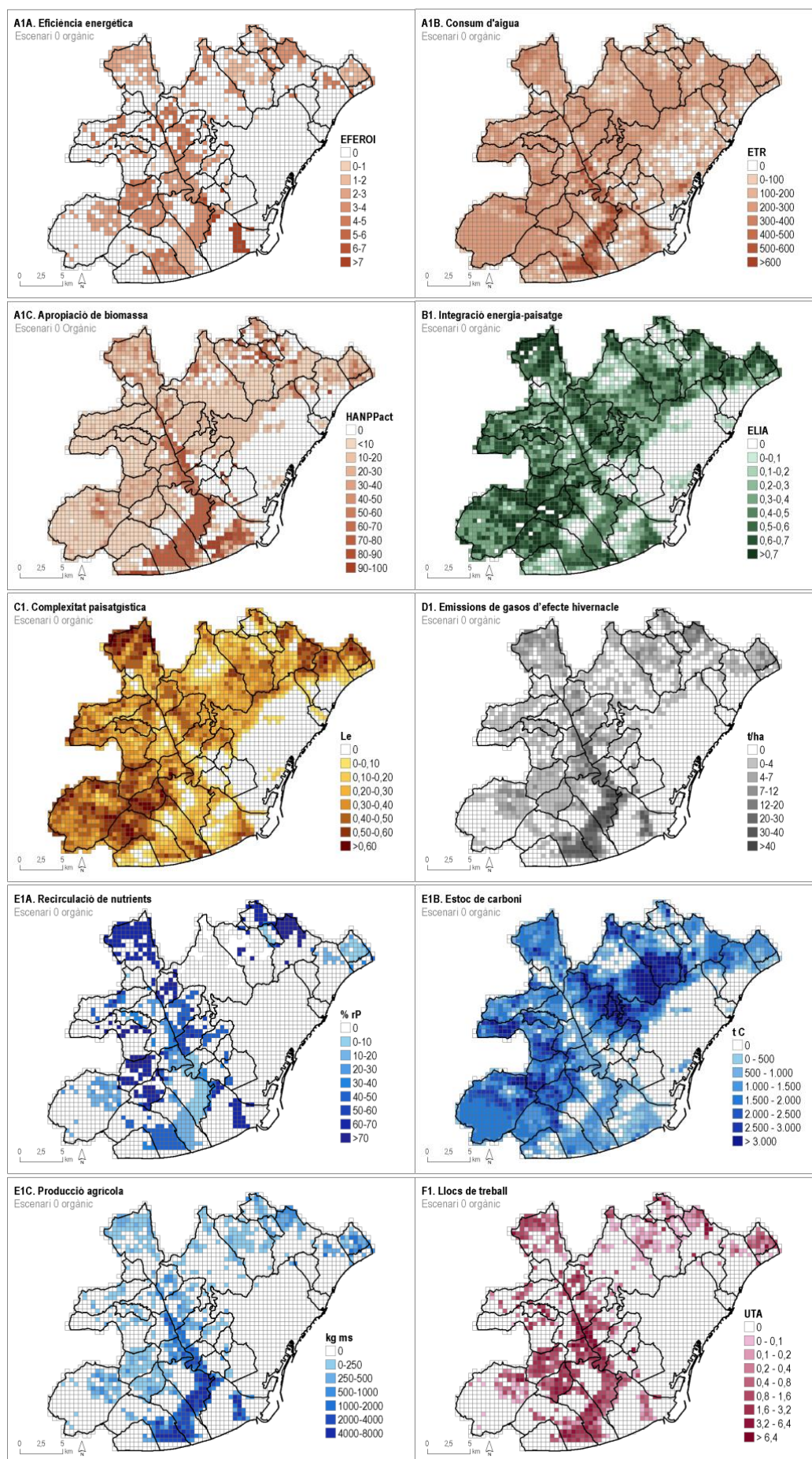


Figura 23. Mapes de cel·les dels 10 indicadors resultants per l'escenari orgànic tendencial (S10).

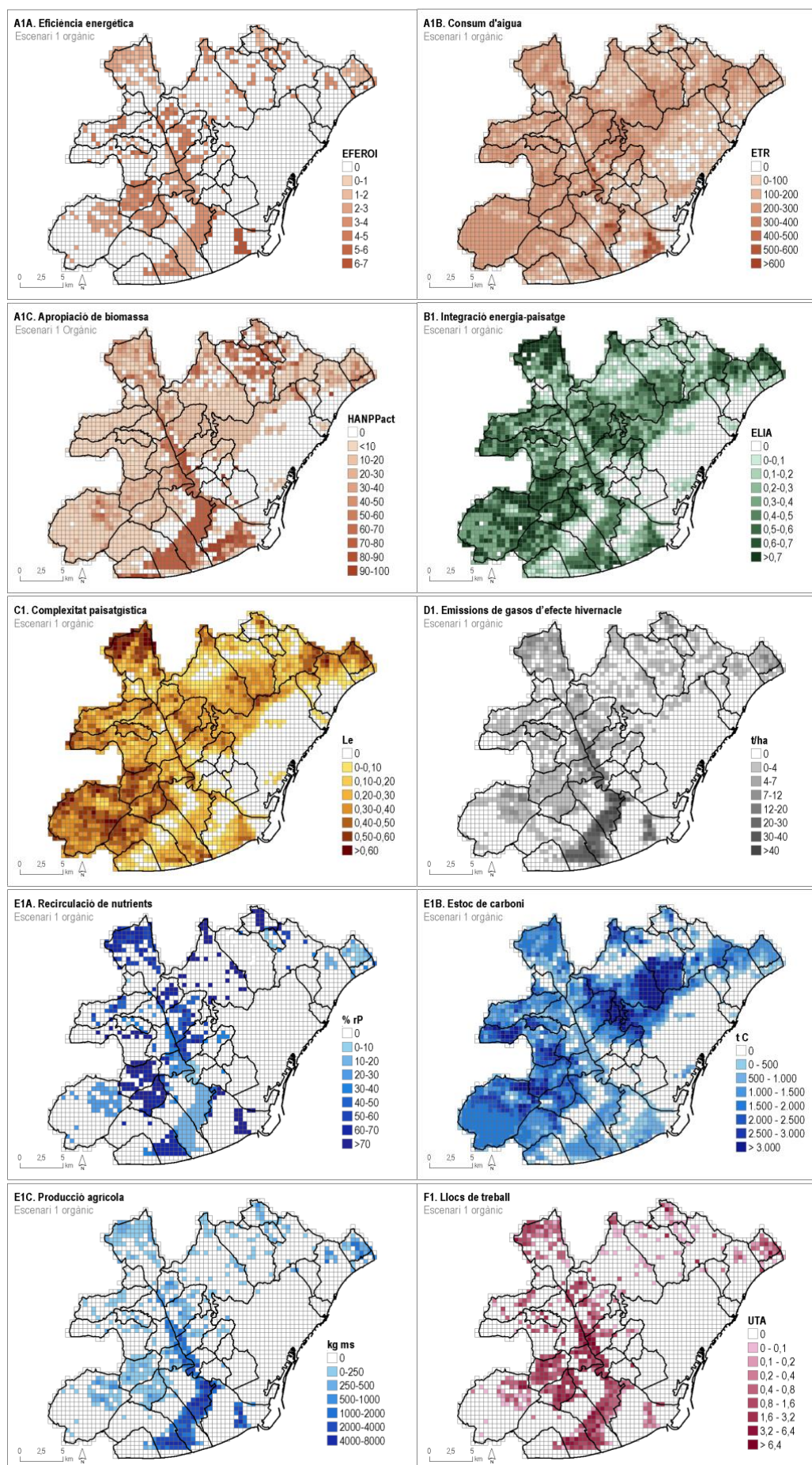


Figura 24. Mapes de cel·les dels 10 indicadors resultants per l'escenari orgànic alternatiu (S10).

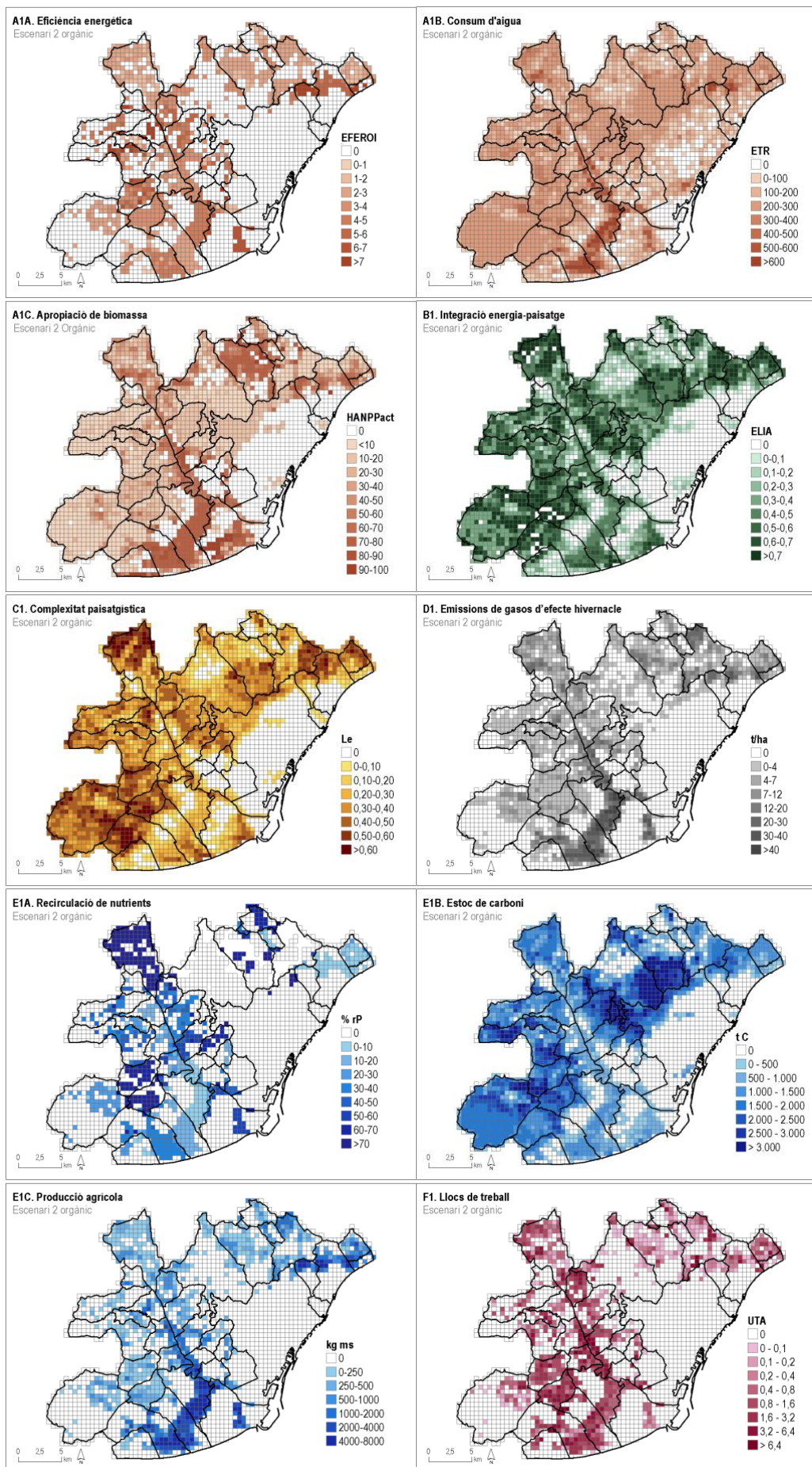
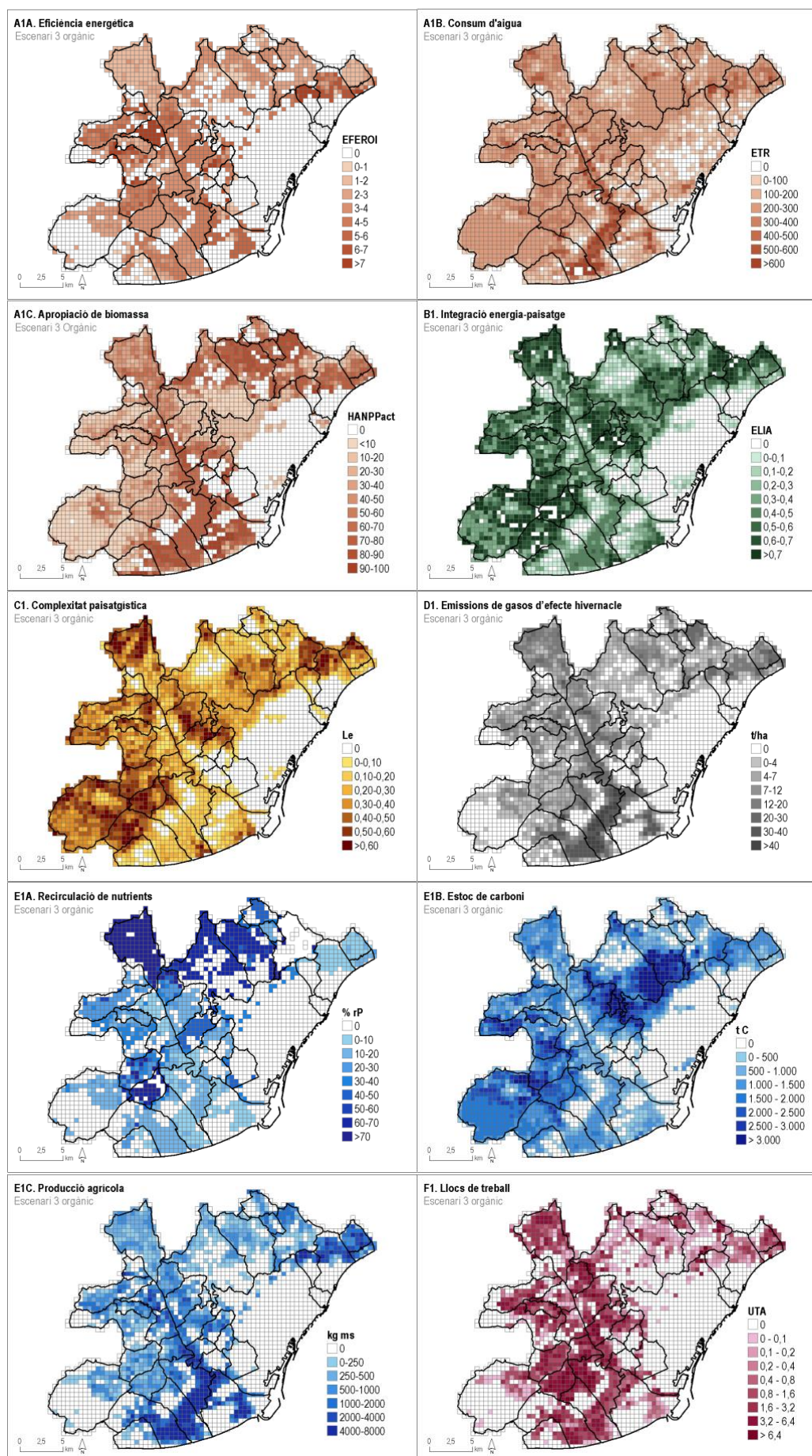


Figura 25. Mapes de cel·les dels 10 indicadors resultants per l'escenari orgànic potencial (S3O).



L'indicador Integració energia-paisatge (B1) posa de manifest que l'escenari tendencial és el que perd més zones amb bones condicions per a l'establiment de la biodiversitat, les quals, per extensió i intensitat, es troben principalment a la plana del Vallès i al vessant litoral d'aproximació al Massís del Garraf. Es pot veure com en l'escenari alternatiu hi ha una compensació entre les àrees amb pèrdues majors de B1, que ocupen poca superfície, i uns canvis de menor dimensió però amb molta més extensió en els que hi ha millores de B1. Aquest efecte extensiu aconsegueix més que compensar l'efecte negatiu del planejament en l'escenari potencial, sobretot gràcies als valors elevats de B1 a les zones de mosaic agroforestal, malgrat l'efecte general de disminució de B1 allà on augmenten de forma més intensiva els cultius.

L'indicador Complexitat paisatgística (C1) destaca com l'escenari tendencial presenta tres punts crítics d'ampli efecte a Montcada i Reixac, Sant Climent de Llobregat i Gavà, l'efecte dels quals es manté en l'escenari alternatiu i el potencial. Tanmateix, aquest efecte es veuria compensat amb la millora de la complexitat en d'altres punts que sobretot es donarien als vessants est i oest del riu Llobregat en la seva entrada a l'àrea metropolitana i fins a l'arribada al Delta del Llobregat. Aquest efecte positiu també s'observa a municipis més allunyats de l'eix del Llobregat com Begues, però també a la franja litoral que uneix la Serralada de Collserola amb la Serralada de Marina. Tanmateix, la recuperació de la superfície cultivada l'any 1956 en l'escenari potencial suposaria també una certa homogeneïtzació de cobertes que redueix la complexitat paisatgística, com es pot observar sobretot a la zona del Delta del Llobregat.

L'indicador Emissions de gasos d'efecte hivernacle (D1)* expressa les emissions de CO₂ equivalents totals de la infraestructura verda a l'àrea metropolitana de Barcelona. Com que aquestes emissions estan molt relacionades amb l'ús de maquinària agrícola, una altra vegada veiem com els escenaris que impliqui major superfície agrícola són els que suposen un increment superior de les emissions de gasos d'efecte hivernacle. En el cas de les pràctiques orgàniques, aquestes suposen una disminució considerable de les emissions respecte les pràctiques convencionals.

L'indicador Recirculació de nutrients (E1A) mostra com no tant sols es veuen afectades les àrees on desapareix la superfície agrícola, sinó que l'efecte s'estén també en aquelles àrees que es mantenen com a agrícoles. Així, la minva d'espais oberts a l'eix del Llobregat en l'escenari tendencial suposa de forma generalitzada un menor grau d'integració agricultura-ramaderia, que resulta en una davallada de l'autosuficiència en nutrients. En canvi, l'augment de superfície agrícola té efectes majoritàriament positius a nivell de cel·les, fins i tot hi ha més de 200 cel·les en què augmenta més del 60% l'autosuficiència, i que estan focalitzades sobretot als municipis del Vallès Occidental (escenari potencial).

L'indicador Estoc de carboni (E1B) presenta valors més alts en els escenaris alternatiu i potencial, que podrien compensar parcialment l'efecte de pèrdua d'aquelles àrees de menys embornal degut al planejament urbanístic. Tanmateix, per l'expansió de la superfície agrícola, i sota el supòsit d'una gestió convencional com l'actual, les cel·les en què se supera el llindar d'increment de 125 t de carboni són anecdòtiques. Com es pot veure, només en punts molt determinats hi pot

haver un augment esperat de l'embornal total, i és en aquells espais en els quals en l'actualitat no hi ha boscos (o bé conreus o erms) i passen a usos que acumulen més carboni que la situació actual.

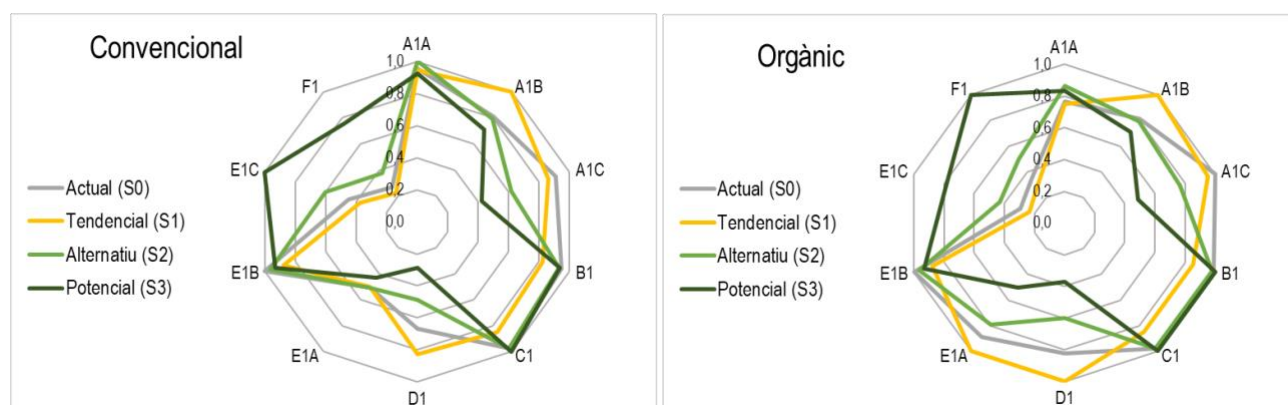
L'indicador Producció agrícola (E1C) és un dels principals serveis d'aprovisionament directe de la infraestructura verda. Es pot comprovar com l'efecte de l'escenari tendencial és estrictament negatiu per a la producció agrícola, on hi ha una caiguda rellevant de la producció en tot el corredor i Delta del Llobregat. Aquestes pèrdues en l'escenari tendencial es redueixen molt en els escenaris alternatiu i potencial, que reverteixen la tendència i augmenten molt la capacitat productiva sobretot en zones de vessant i de forma molt distribuïda en els espais oberts, a excepció de la zona més pròxima al Massís del Garraf a Begues i una part central de la Serralada de Collserola.

Finalment, l'indicador llocs de treball (F1) associats a l'activitat agrària, mostra les diferències entre escenaris a nivell de cel·la, on la major part d'increments de la superfície agrícola és en aquelles categories d'intensitat de treball més baixes, amb l'excepció de municipis com Sant Climent i Sant Boi de Llobregat, sobretot. El mateix efecte s'observa, però, en l'escenari tendencial respecte la situació actual, i és que malgrat que disminueixi la superfície agrícola en un 22%, els canvis sobre la quantitat total de treball és d'un 12%.

20.6 ANÀLISI MULTI-CRITERI DELS ESCENARIS

La figura 26 mostra els valors relatius dels diferents escenaris per a tots els indicadors principals del SIA, comparant per una banda els escenaris sota gestió convencional, i per altra banda comparant els escenaris sota gestió orgànica. Els valors absoluts de la taula 12 es transformen en valors relatius respecte al màxim valor que poden prendre els indicadors considerant tots els escenaris. Es considera com a valor 1 el de menor impacte socioecològic.

Figura 26. Resultats de l'anàlisi multi-criteri dels escenaris de planejament avaluats, sota gestió convencional i orgànica a l'àrea metropolitana de Barcelona



Indicadors: eficiència energètica (A1A), consum d'aigua (A1B), apropiació de biomassa (A1C), integració energia-paisatge (B1), complexitat paisatgística (C1), emissions de gasos d'efecte hivernacle (D1), recirculació de nutrients (E1A), estoc de carboni (E1B), producció agrícola (E1C), llocs de treball (F1).

Quan comparem entre escenaris de gestió convencional i orgànica en l'àmbit metropolità, els indicadors D1, E1A, E1C i F1 presenten les majors diferències. La transició cap a una agricultura orgànica sota el criteri CCPAE facilita un major grau d'autonomia del territori en tancar en gran manera els cicles de nutrients del sòl (E1A) i requerint més treballs agrícoles (F1). Tanmateix, aquest procés pot estar associat amb una disminució de la producció agrària (E1C) i en menor mesura a l'eficiència energètica (A1A). L'explicació a la petita disminució de l'eficiència energètica és perquè els criteris CCPAE no suposen un abandonament dels insums externs per l'agricultura malgrat la disminució de fertilitzants o abandonament de pesticides i herbicides. Aquest mateix motiu és el que provoca que a la resta d'indicadors no observem tanta millora entre les pràctiques convencionals i orgàniques. A l'indicador on les pràctiques orgàniques sí suposen certa millora és en l'emissió de gasos d'efecte hivernacle.

S'observa com el model d'agricultura intensiva actual presenta uns valors d'eficiència energètica (A1A) molt baixos, sobretot en àrees de cultiu en zones de regadiu a les planes però també en els vessants de l'eix del Llobregat. Es manté doncs el model d'agricultura dependent de grans importacions d'inputs externs. En una transició cap a un model agroecològic aquests valors d'eficiència augmentarien notablement, seguint estratègies tecnològiques de major recirculació de fluxos d'energia i materials dins el sistema metropolità. Es pot explicar la conservació de la biodiversitat (B1) en paisatges culturals com la interacció entre l'energia disponible per les cadenes tròfiques i la complexitat del paisatge. Una proposta d'espais oberts metropolitana hauria d'incloure doncs les unitats del paisatge que recullen aquestes característiques. Per millorar aquest indicador caldria recuperar espais agrícoles, fomentant un funcionament més circular dels fluxos metabòlics als espais agraris, incrementant així l'efecte positiu dels mosaics agroforestals. La complexitat del paisatge (C1) mostra com encara es poden trobar paisatges en mosaic que cal preservar i fins i tot reforçar degut a la seva contribució en els processos ecològics i la biodiversitat, el que demanaria la seva delimitació i consideració en el planejament metropolità. Existeix un compromís entre l'augment de superfície agrícola i l'heterogeneïtat dels paisatges resultants, que cal tenir en compte a l'hora de prendre decisions sobre el planejament dels espais oberts.

El balanç de nutrients (E1A) mesura la proporció de fòsfor que prové de l'exterior. Els resultats mostren molt escassa capacitat per fer front al tancament d'aquest cicle de nutrients, fonamental al ser el més limitant de tots els macronutrients. L'element clau és l'equilibri entre ramaderia i agricultura, així com el seu model de gestió, ja que pel tancament dels cicles metabòlics a escala de paisatge hi ha molt recorregut a fer. Una major racionalitat en l'ús dels nutrients, així com les fonts d'origen, és fonamental no sols pel correcte desenvolupament vegetatiu de l'agricultura, sinó també per evitar processos de contaminació per nitrats o processos de degradació de la fertilitat física, biològica i química dels sòls. L'estoc de carboni (E1B) mesura la quantitat de carboni orgànic emmagatzemat als espais oberts, el que resulta fonamental en la mitigació i adaptació al canvi climàtic. Cal remarcar el paper que juguen les zones forestals en l'embornal total de l'àrea metropolitana de Barcelona. Si bé els boscos són claus en aquest embornal, més del 55% del carboni total s'estima que es troba als sòls. La diferència mitjana entre els sòls forestals i els sòls agrícoles no és tant gran (entre 40 t de C/ha en sòls de certs cultius i 68 t de C/ha en boscs d'alzina). Es tracta doncs d'establir un equilibri entre aquest servei ecosistèmic clau i la recuperació d'espais agrícoles per a la resta de funcions pel sistema socioecològic metropolità. Finalment, la

producció d'aliments (E1C) és una de les múltiples contribucions dels espais oberts al conjunt del sistema metropolità. Malgrat la disminució de l'activitat agrícola a la metròpoli, aquestes funcions no deixen de ser rellevants. En total es produeixen unes 6.630 t de productes agrícoles calculats en termes de matèria seca. Actualment s'estan produint més d'un 10% de les necessitats de verdura fresca, i també es pot mantenir una petita part de la ramaderia necessària per a l'alimentació. És clar que la funció d'aprovisionament no podrà ser satisfeta a nivell intern. Tanmateix, prioritzar aquells cultius i activitats agràries que, més enllà de servir d'aliment, maximitzen altres funcions i serveis dels espais oberts seria doncs clau per a posar-los en valor.

En l'actualitat es calcula que l'activitat agrària genera poc més de 900 llocs de treballs (UTA), els quals estan tots lligats al territori però especialment a l'agricultura (el 70% d'aquests llocs de treball). Al potencial de creixement de l'activitat agrícola caldria sumar-hi el benefici d'augmentar l'activitat silvícola en determinades zones, reduint l'acumulació de biomassa i el risc d'incendis i permetent un cert aprovisionament de combustibles en un sector que es troba a l'alça. El canvi substancial però vindria per una revisió del model d'activitat agrària, recuperant una ramaderia extensiva i unes activitats agrícoles amb caràcter agroecològic, les quals són molt menys intensives en la incorporació de productes de l'exterior i més intensives en treball.

Com a observació final a remarcar, justament els tres nous indicadors inclosos al SIA, el consum d'aigua (A1B), l'apropiació de biomassa (A1C) i les emissions de gasos d'efecte hivernacle (D1) semblen reflectir una contrapart als beneficis que suposaven els escenaris alternatius i potencials respecte als escenaris actuals i tendencials, però és només perquè en escenaris on augmenta l'agricultura, també s'haurà d'utilitzar més recursos pel seu manteniment. També és important posar en perspectiva que aquest augment de recursos correspon només a la part de la infraestructura verda metropolitana, i no considera possibles canvis en les àrees urbanes que poden resultar en dràstiques modificacions en els valors totals d'alguns d'aquests indicadors un cop mesurats per a tot el sistema metropolità de Barcelona.

En conclusió, el treball realitzat el 2020 ha permès validar, calibrar i millorar el model SIA. S'han inclòs dues noves dimensions en el model (passant de 8 a 10 dimensions). S'han incorporat tres nous indicadors: consum d'aigua, apropiació de biomassa i d'emissions de gasos d'efecte hivernacle; que interactuen estretament amb la resta d'indicadors del model. S'han avaluat un total de vuit escenaris (quatre configuracions de cobertes del sòl, cadascuna amb dos tipologies de gestió agrària -convencional i ecològica). Per tant, aquesta validació, calibració, millora i aplicació del SIA en vuit escenaris teòrics, definits conjuntament amb el PDU, ha permès posar a punt el model per a l'avaluació dels escenaris que s'incorporin a l'Estudi Ambiental Estratègic del Pla, el que es preveu realitzar durant 2021. Finalment, aquest treball ha estat la base pel desenvolupament d'un Sistema de Suport a la Planificació (SSP-LET; <https://iermb.uab.cat/ca/let-bcn/>) com a eina de transferència i participació en els processos de decisió sobre la infraestructura verda metropolitana de Barcelona (veure l'informe del projecte 6.1.2, complementari al present informe, per a més detalls).

BIBLIOGRAFIA

PARTS I - II

Aguilera, Eduardo, Guzmán, G., Alonso, A., 2015a. Greenhouse gas emissions from conventional and organic cropping systems in Spain. I. Herbaceous crops. *Agron. Sustain. Dev.* 35, 713–724. doi:10.1007/s13593-014-0267-9

Aguilera, Eduardo, Guzmán, G., Alonso, A., 2015b. Greenhouse gas emissions from conventional and organic cropping systems in Spain. II. Fruit tree orchards. *Agron. Sustain. Dev.* 35, 725–737. doi:10.1007/s13593-014-0265-y

Antrop, M. (2004). Landscape change and the urbanization process in Europe. *Landscape and urban planning*, 67(1-4), 9-26.

Benedict, M.A., McMahon, E.T. (2002). Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century. *Renewable Resource Journal* (Autumn):12–17.

Bennetzen, E. H., Smith, P., & Porter, J. R. (2016). Agricultural production and greenhouse gas emissions from world regions—The major trends over 40 years. *Global Environmental Change*, 37, 43-55.

Brotons, L.; Pou, N.; Herrando, S.; Bota, G.; Villero, D.; Garrabou, J.; Ordóñez, J. L.; Anton, M.; Gual, G.; Recoder, L.; Alcaraz, J.; Pla, M.; Sainz de la Maza, P.; Pont, S. i Pino, J. (2020) *Estat de la Natura a Catalunya 2020*. Departament de Territori i Sostenibilitat. Generalitat de Catalunya. Barcelona.

Calvo-Iglesias, M. S., Crecente-Maseda, R., & Fra-Paleo, U. (2006). Exploring farmer's knowledge as a source of information on past and present cultural landscapes: A case study from NW Spain. *Landscape and Urban Planning*, 78(4), 334-343.

Cardinale, B. J., Duffy, J. E., Gonzalez, A., Hooper, D. U., Perrings, C., Venail, P., ... & Kinzig, A. P. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 486(7401), 59-67.

Catalan Council of Organic Production - CCCPAE (2006). *Quadern de Normes Tècniques de la producció agrària ecològica*. Generalitat de Catalunya Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca.

Crutzen, P. J. and Steffen, W., (2003) How long have we been in the anthropocene era? *Climatic Change* 61 (3) 251-257.

Doblas-Miranda, E., Rovira, P., Brotons, L. 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 (2019) Com/2019/640 final. Communication from the commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions the European Green Deal.

European Commission. Trends in GHG Emissions. 2018. Disponible online: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Greenhouse_gas_emission_statistics#Trends in greenhouse gas emissions](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Greenhouse_gas_emission_statistics#Trends_in_greenhouse_gas_emissions)

Frank, S.; Havlík, P.; Soussana, J.F.; Levesque, A.; Valin, H.; Wollenberg, E.; Kleinwechter, U.; Fricko, O.; Gusti, M.; Herrero, M.; et al. Reducing GHG emissions in agriculture without compromising food security? *Environ. Res. Lett.* 2017, 12, 105004.

Gingrich, S., Marco, I., Aguilera, E., Padró, R., Cattaneo, C., Cunfer, G., ... & Watson, A. (2018). Agroecosystem energy transitions in the old and new worlds: trajectories and determinants at the regional scale. *Regional environmental change*, 18(4), 1089-1101.

Haberl, H., Erb, K. H., Krausmann, F., Gaube, V., Bondeau, A., Plutzer, C., ... & Fischer-Kowalski, M. (2007). Quantifying and mapping the human appropriation of net primary production in earth's terrestrial ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(31), 12942-12947.

Lipper, L.; Thornton, P.; Campbell, B.M.; Baedeker, T.; Braimoh, A.; Bwalya, M.; Caron, P.; Cattaneo, A.; Garrity, D.; Henry, K.; et al. Climate-smart agriculture for food security. *Nat. Clim. Chang.* 2014, 4, 1068–1072.

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*.

Martínez-Alier, J., Munda, G., Neill, J.O. (1998). Weak Comparability of Values as a Foundation for Ecological Economics. *Ecological Economics* 26:277–86.

Marull, J., Font, C., Padró, R., et al. (2016). Energy–Landscape Integrated Analysis: A Proposal for Measuring Complexity in Internal Agroecosystem Processes (Barcelona Metropolitan Region, 1860–2000). *Ecological Indicators* 66:30–46.

Marull, J., Herrando, S., Brotons, L., Melero, Y., Pino, J., Cattaneo, C., ... & Tello, E. (2019). Building on Margalef: Testing the links between landscape structure, energy and information flows driven by farming and biodiversity. *Science of The Total Environment*, 674, 603-614.

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., & Cordobilla, M. J. (2010). Social metabolism, landscape change and land-use planning in the Barcelona Metropolitan Region. *Land use policy*, 27(2), 497-510.

Marull, J., Tello, E., Fullana, N., Murray, I., Jover, G., Font, C., ... & Decolli, T. (2015). Long-term bio-cultural heritage: exploring the intermediate disturbance hypothesis in agro-ecological landscapes (Mallorca, c. 1850–2012). *Biodiversity and conservation*, 24(13), 3217-3251.

Molotoks, A., Stehfest, E., Doelman, J., Albanito, F., Fitton, N., Dawson, T. P., & Smith, P. (2018). Global projections of future cropland expansion to 2050 and direct impacts on biodiversity and carbon storage. *Global change biology*, 24(12), 5895-5908.

Padró et al. 2019 (WP) Working Paper: Multi-integrated socio-ecological analysis: An application to the Metropolitan Master Plan of Barcelona. Project CP 2019 6.1.3 a.

Padró, R., La Rota-Aguilera, M. J., Giocoli, A., Cirera, J., Coll, F., Pons, M., ... & Marull, J. (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.

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). in *In search of sustainable local food systems: Socio-metabolic perspectives*, edited by E. Frankova, W. Haas, and S. J. Singh. New York: Springer.

Pastor, A. V., Palazzo, A., Havlik, P., Biemans, H., Wada, Y., Obersteiner, M., ... & Ludwig, F. (2019). The global nexus of food–trade–water sustaining environmental flows by 2050. *Nature Sustainability*, 2(6), 499-507.

Piør, A. (Ed.). (2011). *Peri-urbanisation in Europe: towards European policies to sustain urban-rural futures; synthesis report; PLUREL [sixth framework programme]. Forest & Landscape*, University of Copenhagen.

Rueda, S. (1997). Metabolismo y complejidad del sistema urbano a la luz de la ecología. *Boletín C+ F*. <http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/a008.html> (11 de junio de 2015).

Sandifer, P. A., Sutton-Grier, A. E., & Ward, B. P. (2015). Exploring connections among nature, biodiversity, ecosystem services, and human health and well-being: Opportunities to enhance health and biodiversity conservation. *Ecosystem services*, 12, 1-15.

Shannon, C. E., & Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. University of Illinois. Urbana, 117.

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* 121:160–74.

Tello, E., & González de Molina, M. (2017). Methodological Challenges and General Criteria for Assessing and Designing Local Sustainable Agri-Food Systems: A Socio-Ecological Approach at Landscape Level. *Human-Environment Interactions*, 27–67. doi:10.1007/978-3-319-69236-4_2

Tello, E., Marull, J., Padró, R., Cattaneo, C., & Coll, F. (2020). The Loss of Landscape Ecological Functionality in the Barcelona Province (1956–2009): Could Land-Use History Involve a Legacy for Current Biodiversity?. *Sustainability*, 12(6), 2238.

Thomas, K., & Littlewood, S. (2010). From green belts to green infrastructure? The evolution of a new concept in the emerging soft governance of spatial strategies. *Planning Practice & Research*, 25(2), 203-222.

Tilman, D., Fargione, J., Wolff, B., D'Antonio, C., Dobson, A., Howarth, R., ... & Swackhamer, D. (2001). Forecasting agriculturally driven global environmental change. *science*, 292(5515), 281-284.

Tratalos, J., Fuller, R. A., Warren, P. H., Davies, R. G., & Gaston, K. J. (2007). Urban form, biodiversity potential and ecosystem services. *Landscape and urban planning*, 83(4), 308-317.

Tscharntke, T., Clough, Y., Wanger, T. C., Jackson, L., Motzke, I., Perfecto, I., ... & Whitbread, A. (2012). Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. *Biological conservation*, 151(1), 53-59.

Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Kaźmierczak, A., Niemela, J., & James, P. (2007). Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. *Landscape and urban planning*, 81(3), 167-178.

Vitousek, P. M., Ehrlich, P. R., Ehrlich, A. H., & Matson, P. A. (1986). Human appropriation of the products of photosynthesis. *BioScience*, 36(6), 368-373. Chicago

PART III

Agència Catalana de l'Aigua, 2014. Eficiència en el reg agrícola [WWW Document]. ACA.

Aguilera, Eduardo, Guzmán, G., Alonso, A., 2015a. Greenhouse gas emissions from conventional and organic cropping systems in Spain. I. Herbaceous crops. *Agron. Sustain. Dev.* 35, 713–724. doi:10.1007/s13593-014-0267-9

Aguilera, Eduardo, Guzmán, G., Alonso, A., 2015b. Greenhouse gas emissions from conventional and organic cropping systems in Spain. II. Fruit tree orchards. *Agron. Sustain. Dev.* 35, 725–737. doi:10.1007/s13593-014-0265-y

Aguilera, E., Guzmán, G.I., Infante-amate, J., García-ruiz, R., Herrera, A., Villa, I., 2015a. Embodied Energy in Agricultural Inputs. Incorporating a historical perspective.

Aguilera, E., Guzmán, G.I., Infante-amate, J., Soto, D., García-ruiz, R., Herrera, A., Villa, I., Torremocha, E., Carranza, G., De, M.G., 2015b. Energy inputs in agricultural production . Incorporating the historical perspective.

American Society of Agricultural Engineers (ASAE), 2000. Manure production and characteristics. Saint Joseph.

Angelini, L.G., Ceccarini, L., Bonari, E., 2005. Biomass yield and energy balance of giant reed (*Arundo donax* L.) cropped in central Italy as related to different management practices. *Eur. J. Agron.* 22, 375–389. doi:10.1016/j.eja.2004.05.004

Arnó, J., Vilalta, J.M., 2003. Cost horari de la maquinària forestal.

Asociación Galega de Cooperativas Agro-alimentarias, 2010. Manual de ahorro y eficiencia energética del sector. Madrid.

Ayantunde, A.A., Hiernaux, P.H.Y., Keulen, H. Van, Udo, H.M.J., 2001. Effect of timing and duration of grazing of growing cattle in the West African Sahel on diet selection , faecal output , eating time , forage intake and live-weight changes. *Anim. Prod.* 117–128.

- Barracó, H., Parés, M., Prat, A., Terradas, J., 1999. Barcelona 1985-1999. Ecologia d'una ciutat. Barcelona.
- Bartolomé, D.J., Posado, R., García, J.J., Bodas, R., Fonseca, B., Tabernero, M.J., Río, G., 2011. Ahorro y eficiencia energética en explotaciones de vacuno lechero. León.
- Bilbao, M., Méndez, M.A., Lucena, B., Cáceres, F., Manrique, T., Granado, R., Polonio, D., Fernández, R., Velasco, R., Parra, T., Serrano, E., Cruz, J.C., Ruiz, M. del C., 2004. Diagnóstico del sector algodonero andaluz. Sevilla.
- Canadell, J., Rodà, F., 1991. Root biomass of *Quercus ilex* in a montane Mediterranean forest. Can. J. For. Res. 21, 1771–1778. doi:10.1139/x91-245
- Cascón, J., 1918. Problemas agrícolas. El estiércol y la alimentación animal. Imprenta de Alrededor del Mundo, Madrid.
- Centre de la Propietat Forestal, 2004. Inventari forestal: Annex d'indicadors dendromètrics. Barcelona.
- De Ponti, T., Rijk, B., Van Ittersum, M.K., 2012. The crop yield gap between organic and conventional agriculture. Agric. Syst. 108, 1–9. doi:10.1016/j.agsy.2011.12.004
- Departament d'Agricultura, Ramaderia, P. i A., 2009. La transició a la producció agrària ecològica, Dossier tecnic. Barcelona.
- Eghball, B., Power, J.F., Gilley, J.E., Doran, J.W., 1997. Nutrient, Carbon, and Mass Loss During Composting of Beef Cattle Feedlot Manure Waste Management Nutrient, Carbon, and Mass Loss during Composting of Beef Cattle Feedlot Manure. Biol. Syst. Eng. Pap. Publ.
- FECYT, 2002. Especial Energia, Combustibles fósiles [WWW Document]. Tecnociencia.
- Flores, M., Rodríguez-Ventura, M., 2014. Curso de nutrición animal [WWW Document]. Dep. Prod. Anim. la Univ. las Palmas Gran Canar. URL <http://www.webs.ulpgc.es/nutranim/index.html> (accessed 4.2.14).
- Fundacion Entorno, 2006. Programa para la mejora de la eficiencia energética de la Pyme en granjas avícolas de puesta. Madrid.
- Fundacion Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, 2010. Tablas FEDNA de composicion y valor nutritivo de alimentos para la fabricacion de piensos compuestos. 3a edición. [WWW Document]. URL <http://www.fundacionfedna.org/ingredientes-para-piensos>
- Galán, E., Tello, E., Cussó, X., Olarieta, J.R., 2012. Métodos de fertilización y balance de nutrientes en la agricultura orgánica tradicional de la biorregion mediterránea: Cataluña (España) en la década de 1860. Hist. Agrar. 95–119.
- Gil, R., del Pino, B., 2011. Auditoría Energética de una granja de ovino para leche. Toledo.

- González de Molina, M., García Ruiz, R., Guzmán, G.I., Soto, D., Infante, J., 2010. Guideline for constructing nutrient balance in historical agricultural systems (and its application to three case-studies in southern Spain) (No. 1008), DT-SEHA. Madrid.
- Guzmán, G.I., Aguilera, E., Soto, D., Cid, A., Infante, J., García Ruiz, R., Herrera, A., Villa, I., González de Molina, M., 2014. Methodology and conversion factors to estimate the Net Primary Productivity of historical and contemporary agro-ecosystems (No. 1407), WP-SEHA.
- Guzmán, G.I., García, A.R., Alonso, A., Perea, J.M., 2008. Producción ecológica: influencia en el desarrollo rural.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006a. Chapter 10, Emissions from livestock and manure management, in: IPCC (Ed.), Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. IPCC, Ginebra, pp. 10.1-10.89.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006b. Chapter 11, N₂O Emissions from managed soils, and CO₂, emissions from lime and urea application, in: IPCC (Ed.), Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. IPCC, Ginebra, pp. 11.1-11.54.
- Irimia, S., Escudero, C., Álvarez, C.J., 2012. La eficiencia energética en las explotaciones de vacuno lechero en Galicia (España), in: XVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. Valencia, pp. 1235–1246.
- Larney, F.J., Sullivan, D.M., Buckley, K.E., Eghball, B., 2006. The role of composting in recycling manure nutrients. *Can. J. Soil Sci.* 86, 597–611. doi:10.4141/S05-116
- Lavola, 2008. Estudios de evaluación energética en explotaciones agrarias de ganadería intensiva de porcino.
- Marco, I., Padró, R., Cattaneo, C., Caravaca, J., Tello, E., 2017. From vineyards to feedlots: a fund-flow scanning of sociometabolic transition in the Vallès County (Catalonia) 1860–1956–1999. *Reg. Environ. Chang.* doi:10.1007/s10113-017-1172-y
- Martínez Fernández, J., Romero Díaz, M.A., López Bermúdez, F., 1994. Parámetros estructurales y funcionales de *Rosmarinus officinalis* en ecosistemas mediterráneos semiáridos. *Stud. Oecologica* X–XI, 289–296.
- 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). *Ecol. Indic.* 66, 30–46. doi:10.1007/s13398-014-0173-7.2
- Michel, F.C., Pecchia, J.A., Rigot, J., Keener, H.M., 2004. Mass and Nutrient Losses During the Composting Of Dairy Manure Amended with Sawdust or Straw. *Compost Sci. Util.* 12, 323–334. doi:10.1080/1065657X.2004.10702201

- Navarro, R.M., 2004. Fitomasa aérea en los ecosistemas de matorral en el monte Can Vilallonga (T.M. DE Cassà de la Selva-Girona). *Ecología* 99–112.
- Oenema, O., Oudendag, D., Velthof, G.L., 2007. Nutrient losses from manure management in the European Union. *Livest. Sci.* 112, 261–272. doi:10.1016/j.livsci.2007.09.007
- Oerke, E.C., Dehne, H., Schönbeck, F., Weber, A., 1994. Crop Production and Crop Protection – Estimated Losses in Major Food and Cash Crops. Elsevier Science, Amsterdam.
- Padró, R., Marco, I., Cattaneo, C., Caravaca, J., Tello, E., 2017. Does your landscape mirror what you eat? Long-term socio-metabolic analysis of a local food system in the Vallès County (Spain, 1860-1956-2000), in: Frankova, E., Haas, W., Singh, S.J. (Eds.), *In Search of Sustainable Local Food Systems: Socio-Metabolic Perspectives*. Springer, New York, pp. 133–164.
- Padró, R., Tello, E., Marco, I., Olarieta, J.R., Grasa, M.M., Font, C., 2020. Modelling the scaling up of sustainable farming into Agroecology Territories: Potentials and bottlenecks at the landscape level in a Mediterranean case study. *J. Clean. Prod.* 275. doi:10.1016/j.jclepro.2020.124043
- Pérez Martínez, P., Monzón de Cáceres, A., 2008. Consumo de energía por el transporte en España y tendencias de emisión. *Obs. Medioambient.* 11, 127–147.
- Raich, J.W., Nadelhoffer, K.J., 1989. Belowground carbon allocation in forest ecosystems: global trends. *Ecology* 70, 1346–1354.
- Rambal, S., 2001. Hierarchy and Productivity of Ecosystems, in: Roy, J., Saugier, B., Mooney, H.A. (Eds.), *Terrestrial Global Productivity*. Academic Press, San Diego.
- Seufert, V., Ramankutty, N., Foley, J.A., 2012. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature* 485, 229–232. doi:10.1038/nature11069
- Soroa, J., 1953. *Prontuario del agricultor y el ganadero*, 8th ed. Dossta, Madrid.
- Taüll, M., Baiges, T., 2007. Gestión silvopastoral en Catalunya: de sistema productivo a herramienta de conservación. *Cuad. la Soc. Española las Ciencias For.* 22, 11–16.
- Terradas, J., 1991. Mediterranean woody plant growth-forms, biomass and production in the eastern part of the Iberian peninsula. *Oecologia Aquat.* 10, 337–349.
- Tolunay, D., 2011. Total carbon stocks and carbon accumulation in living tree biomass in forest ecosystems of Turkey. *Turkish J. Agric. For.* 35, 265–279. doi:10.3906/tar-0909-369
- Uchida, R., 2000. Recommended Plant Tissue Nutrient Levels. *Plant Nutr. Manag. Hawaii's Soils, Approaches to Trop. Subtrop. Agric.* 57–65.
- Unitat de Producció Agrària i Ecològica, 2008. Principals requisits i recomanacions per a la conversió de granges de bestiar herbívor a producció ecològica [Main requirements and recommendations for the conversion of herbivorous livestock farms to organic production] Català, *Fitxes tècniques de la Producció Agrària Ecològica*.

UPAE, 2010. L'avicultura ecològica de carn. Barcelona.

Vayreda, J., Retana, J., Savé, R., Funes, I., Sebastià, M.T., Calvo, E., Catalan, J., Batalla, M., 2017. Balanç de carboni: els embornals a Catalunya, in: Tercer Informe Sobre El Canvi Climàtic a Catalunya. Institut d'Estudis Catalans i Generalitat de Catalunya, Barcelona, p. 28.

Vicente, E., Vilagrosa, A., Ruiz-Yanetti, S., Manrique-Alba, À., González-Sanchís, M., Moutahir, H., Chirino, E., del Campo, A., Bellot, J., 2018. Water balance of Mediterranean *Quercus ilex* L. and *Pinus halepensis* mill. forests in semiarid climates: A review in a climate change context. *Forests* 9, 1–16. doi:10.3390/f9070426

Villalobos, F.J., Testi, L., Hidalgo, J., Pastor, M., Orgaz, F., 2006. Modelling potential growth and yield of olive (*Olea europaea* L.) canopies. *Eur. J. Agron.* 24, 296–303. doi:10.1016/j.eja.2005.10.008

Xarxa Comptable Agrària de Catalunya, 2010. Compte analític per cultiu i servei. Barcelona.

Yeager, T.H., Ingram, D.L., 2003. Use of Tissue Analyses in Woody Ornamental Nurseries. Univ. Florida IFAS Ext. OHC16, 1–4.