

5.2

ELS PAISATGES AGRÍCOLES, FORESTALS I RAMADERS: UNA HERÈNCIA HISTÒRICA (1850-2005)

ENRIC TELLO,* ROC PADRÓ,*

**Universitat de Barcelona*

tello@ub.edu

roc.padro@ub.edu

CARME FONT, JOAN MARULL****

***Universitat Autònoma de Barcelona*

Joan.Marull@uab.cat

Carme.Font.Moragon@uab.cat

Resum

Els paisatges agraris tradicionals en mosaic, que Ramon Margalef preuava per la seva capacitat d'acollir biodiversitat, eren resultat de l'energia i la informació mogudes pel treball de la pagesia de masos i viles. Amb la industrialització de l'agricultura i l'abandó d'una gestió integrada del territori, aquests mosaics agroforestals i ramaders es van esvaïnt. La pèrdua d'aquesta important herència biocultural posa en risc els serveis ecosistèmics clau que el país necessita en un món sotmès a un canvi ambiental global incert.

Resumen

Los paisajes agrarios tradicionales en mosaico, que tanto apreciaba Ramon Margalef por su capacidad de acoger biodiversidad, eran resultado de la energía y la información movidas por el trabajo campesino. Con la industrialización de la agricultura y el abandono de una gestión integrada del territorio, esos mosaicos agroforestales y ganaderos se van desvaneciendo. La pérdida de esta importante herencia biocultural pone en riesgo los servicios ecosistémicos clave que el país necesita en un mundo sometido a un cambio ambiental global incierto.

Abstract

The traditional landscape mosaics which Margalef praised for its ability to host biodiversity were the result of the energy and information driven by the labour performed by the peasants of *masos* and villages. After the industrialization of agriculture and the abandonment of an integrated land management, these mosaics of agroforest and pastureland patches are fading. The loss of this important biocultural heritage threatens key ecosystem services needed in a world subject to the uncertainties of a global environmental change.

El paisatge agrari: una herència biocultural

Hi ha diverses maneres d'entendre un paisatge, totes legítimes i útils en el seu context propi. Per exemple, el Conveni Europeu del Paisatge aprovat pel Consell d'Europa l'any 2000 el defineix com "una àrea, tal com la percep la població, el caràcter de la qual és resultat de l'acció i la interacció de factors naturals i/o humans".¹ Aquesta visió tan perceptiva inspira els Catàlegs de Paisatge i altres tasques assumides per l'Observatori del Paisatge de Catalunya, creat arran de l'adhesió del Parlament de Catalunya al Conveni Europeu del Paisatge.²

Tanmateix els paisatges que ara veiem són resultat d'una llarga història d'interacció de les comunitats humanes amb la natura. Algunes traces d'aquesta història queden retingudes en el seu si, tot esdevenint-ne parts visibles de la seva identitat com a lloc. I no només a la part arquitectònica del patrimoni edificat, també en la disposició del poblament i el parcel·lari agroforestal i ramader que dona lloc a una determinada estructura de cobertes vegetals del sòl. A gran part del territori la major part de l'empremta humana prové de l'activitat agrària. Sovint costa reconèixer aquest fet, atès que la major part del temps la nostra mirada es desplaça al llarg d'infraestructures lineals de comunicació que uneixen els nuclis residencials i els polígons industrials, tot fent-nos sobreestimar l'espai que realment ocupen. Fins i tot a un continent tan densament poblat i farcit d'activitat econòmica com Europa, aquestes àrees urbanoindustrials ocupen menys del 5% del territori, mentre els mosaics agroforestals abracen el 84% (European Environmental Agency, 2006). És evident que on ens juguem el bon o mal estat ecològic del territori és principalment en aquells mosaics agroforestals amb una llarga història al darrere.

L'Organització de les Nacions Unides per a la Alimentació (FAO) ha posat en marxa la identificació i catalogació dels anomenats *sistemes enginyosos del patrimoni agrícola mundial* (GIAHS, per Globally Important Ingenious Agricultural Heritage Systems), els quals entén com a "sistemes d'ús del sòl i paisatges pregons, rics en diversitat biològica d'importància mundial, que han sorgit a partir de la coevolució d'una comunitat amb el seu medi natural i llurs necessitats i aspiracions a un desenvolupament sostenible", que esdevenen un recurs vital en un món sotmès a un canvi ambiental global cada cop més incert.³ Però no sempre els convenis i les iniciatives públiques per defensar el paisatge com un bé

1 Disponible al web <https://www.google.es/search?q=Convenci%C3%B3+B3+Europa+del+Paisatge&ie=utf-8&oe=utf-8&gws_rd=cr&ei=ZAvrVZv5Asu-Taffsl_AQ> (data consulta: 05/09/2015).

2 Vegeu el seu web <<http://www.catpaisatge.net/cat/index.php>> (data consulta: 05/09/2015).

3 Vegeu el seu web <<http://www.fao.org/giahs/giahs/en>> (data consulta: 05/09/2015).

comú tenen en compte la importància de l'herència biocultural que contenen (Agnoletti, 2006, 2014). Una interessant excepció n'és Itàlia, on s'ha creat un Osservatorio Nazionale del Paesaggio Rurale, delle Pratiche Agricole e Conoscenze Tradizionali. Després de publicar un primer volum de paisatges rurals històrics d'interès (Agnoletti, 2013), avalua les iniciatives locals per ser incloses en un registre del Ministeri d'Agricultura, Alimentació i Boscos.⁴

Admetre el caràcter històric dels paisatges culturals vol dir que per entendre'ls i valorar-los cal una aproximació analítica biocultural, capaç de combinar les eines de les ciències naturals i socials. Lluny d'adoptar una visió folklorista encarcarada, aquesta perspectiva agroecològica de la conservació dels paisatges posa en el centre una interpretació dinàmica, holística i transformadora de l'acció humana al territori. Podríem dir que entén el paisatge com un resultat sempre canviant del treball de la gent amb la natura, que genera una determinada configuració espacial de cobertes del sòl on totes les altres espècies poden trobar el seu hàbitat proporcionant-nos els serveis ecosistèmics que es deriven de la biodiversitat (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). En paraules de la FAO, es tracta de treure a la llum l'herència biocultural del paisatge:

Permet als agricultors nodrir i adaptar els sistemes i la biodiversitat que han creat, i alhora guanyar-se la vida. Dóna suport a les polítiques públiques de protecció i als incentius per a la conservació de la biodiversitat in situ i dels coneixements tradicionals. [...] Requereix enfocaments que integrin la conservació in situ dels recursos genètics amb el coneixement tradicional i les tecnologies locals associats, per garantir-ne la coadaptació contínua a entorns variables i a pressions humanes mantenint les dinàmiques evolutives de les espècies agrícoles als llocs humans i agroecològics on han evolucionat.⁵

Però què vol dir *conservar* un paisatge?

Identificar i caracteritzar aquests paisatges amarats d'una important herència biocultural és una tasca complexa, que requereix un gran esforç de recerca interdisciplinària en el marc de la nova ciència de la sostenibilitat. Dins d'aquesta perspectiva dinàmica i holística, hi ha encara força debats oberts que requereixen més i millor recerca. Un dels quals, molt rellevant per al nostre tema, és el dilema sorgit en el si

4 Vegeu el seu web <<http://landscapeunifi.it/it/registro-nazionale-paesaggi-rurali-storici>> (data consulta: 05/09/2015).

5 Vegeu el seu web <<http://www.fao.org/giahs/giahs/en>> (data consulta: 05/09/2015).

de la biologia de la conservació entre seguir amb un enfocament del que hom anomena *landsparing* —és a dir, que la concentració de molta pertorbació humana en una determinada part del territori pot valer la pena si permet deixar-ne una altra d'estàlvia per a la conservació—; o bé adoptar el nou plantejament del *landsharing* —és a dir, reconèixer que la biodiversitat i els seus serveis ecosistèmics depenen de l'estat ecològic del territori com un tot (Marull et al., 2015, i de propera publicació)—, tot desenvolupant una agricultura, una ramaderia i una silvicultura ambientalment amigables amb la resta d'espècies naturals (*wildlife-friendly farming*).⁶

Rere aquesta controvèrsia científica, que comporta dilemes importants per a la formulació de polítiques públiques, hom troba també força contrastos en els trets biogeogràfics de la coberta terrestre, entre diversos patrons de poblament humà i diferents trajectòries socioecològiques, juntament amb diferents tradicions culturals i científiques. Té molt a veure, per exemple, amb tractar la natura i l'agricultura com a enemics, o com a aliats en la tasca de millorar els serveis ambientals dels agroecosistemes; o amb concebre els éssers humans separats de la natura en lloc de veure'ls com a components dels mateixos ecosistemes. Fins i tot els qui cerquen combinar tots dos enfocaments de la conservació admeten que cal un gran pas endavant en la recerca sobre com es manté la biodiversitat als diversos patrons de paisatge, i com les pautes espacials de les cobertes del sòl afecten els processos ecològics que s'hi desenvolupen.

Des de la visió del *landsharing* l'objectiu és, doncs, conservar i millorar l'estat ecològic de tota una matriu territorial heterogènia, capaç de mantenir una gran diversitat de cobertes del sòl, hàbitats i espècies. La idea bàsica és que l'heterogeneïtat de cobertes ofereix hàbitats diferenciats per a espècies diferents que viuen al seu interior, i a la vegada més ecotons de transició aprofitats per altres espècies. Les poblacions de cada espècie seran menors que les que hom troba a paisatges més homogenis, però el resultat serà una major interacció d'un nombre més gran d'espècies que comparteixen un mateix espai. Això significa un alt grau de biodiversitat, sempre que les poblacions de cada espècie no es redueixin fins al punt d'amenaçar-ne la reproducció; i, també, sempre que no s'interposin barreres que les aïllin. Així doncs, quan l'heterogeneïtat del paisatge comporta un augment de la seva complexitat ecològica mantenint-ne la connectivitat, permet augmentar la biodiversitat i els serveis ecosistèmics del territori.

El punt clau és que l'heterogeneïtat i complexitat

6 La bibliografia que caldria citar aquí, tan per a aquest debat com pel que fa a la hipòtesi de la pertorbació intermèdia, supera de llarg l'espai disponible. Es pot trobar a Marull et al. (2015, i de propera publicació).

ecològica dels paisatges agrosilvopastorals en mosaic són resultat de determinades formes d'intervenció humana al medi. Emergeixen d'una interacció biocultural, que comporta un cert grau de pertorbació antròpica sense la qual no hi hauria paisatges agraris. Per entendre com poden ser capaços —en certs casos— d'augmentar en lloc de reduir la biodiversitat, convé relacionar l'estudi dels paisatges culturals amb una qüestió també molt debatuda en ecologia de la conservació: l'anomenada Hipòtesi de la Pertorbació Intermèdia (IDH, per les sigles en anglès), una de les explicacions de no-equilibri de l'existència mateixa de la biodiversitat als ecosistemes. Mentre algunes veus suggereixen aplicar l'IDH a les pertorbacions originades per l'agricultura, la silvicultura i la ramaderia, n'hi ha altres que proposen abandonar-la pels resultats empírics no sempre concloents trobats fins ara. Força autors suggereixen mantenir l'IDH com un marc general de referència, i centrar la recerca a desenvolupar models més clars i proves més precises dels mecanismes subjacents que poden donar lloc a una correlació amb forma de gepa entre la intensitat de pertorbacions ecològiques i la riquesa d'espècies.

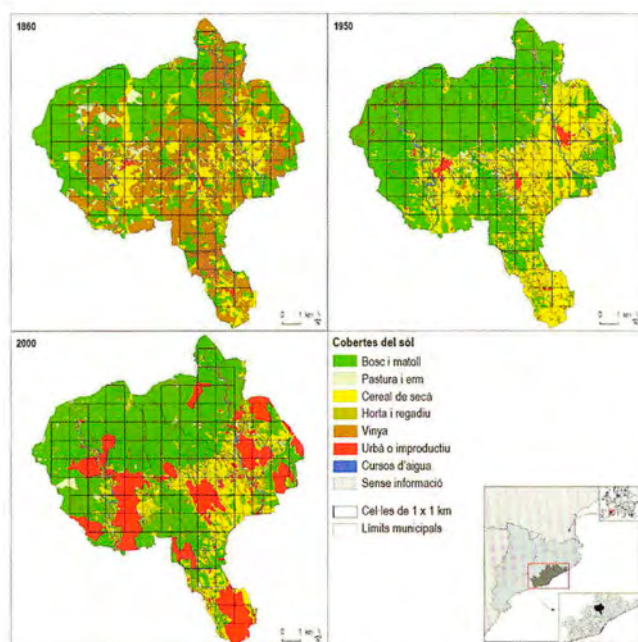
Hi ha un creixent consens a assenyalar les discontinuïtats ecològiques espacials que generen oportunitats de dispersió per a una àmplia gamma de colonitzadors —ja vinguin dels espais menys alterats o dels més pertorbats— com el mecanisme clau que evita l'exclusió competitiva i manté un pic de biodiversitat dinàmica en els nivells intermedis de pertorbació ecològica. És a dir, les parts menys pertorbades poden preservar la “memòria ecològica” necessària perquè la reserva d'espècies del paisatge pugui desenvolupar una resposta adaptativa a les pertorbacions. Això posa l'accent en el component espacial de la diversitat biològica, i en la interacció entre pertorbacions i diversitat de cobertes del sòl, tot traient a la llum el paper de la gestió agroecològica del territori en la prestació de serveis ecosistèmics. També ajuda a entendre perquè l'heterogeneïtat espacial de la matriu territorial pot incrementar la complexitat dels ecosistemes i la seva resiliència davant l'acció humana.

Tot això avala la gran intuïció de Ramon Margalef, quan assenyalava que els mosaics agrícoles i forestals tradicionals eren un excel·lent instrument de conservació (Margalef, 1993, 2006; Tello, 2013). Molts treballs recents reconeixen que els sistemes agrícoles orgànics tradicionals mantenen mosaics complexos d'usos del sòl, mentre que la industrialització de l'agricultura ha generat paisatges agraris cada cop més simples i homogenis. Les cobertes del sòl s'han polaritzat entre monocultius intensius als sòls més plans, i la reforestació per abandó dels sòls més pendents (Marull et al., 2010). Aquest canvi històric és una mena d'experiment natural que podem emprar per a una anàlisi comparativa de com diversos nivells de pertorbació

antròpica, tot interactuant amb diversos nivells de complexitat de cobertes del sòl, es relacionen amb el funcionament ecològic del paisatge (Marull et al., 2015).

El canvi socioecològic a quatre municipis del Vallès (1860-2000)

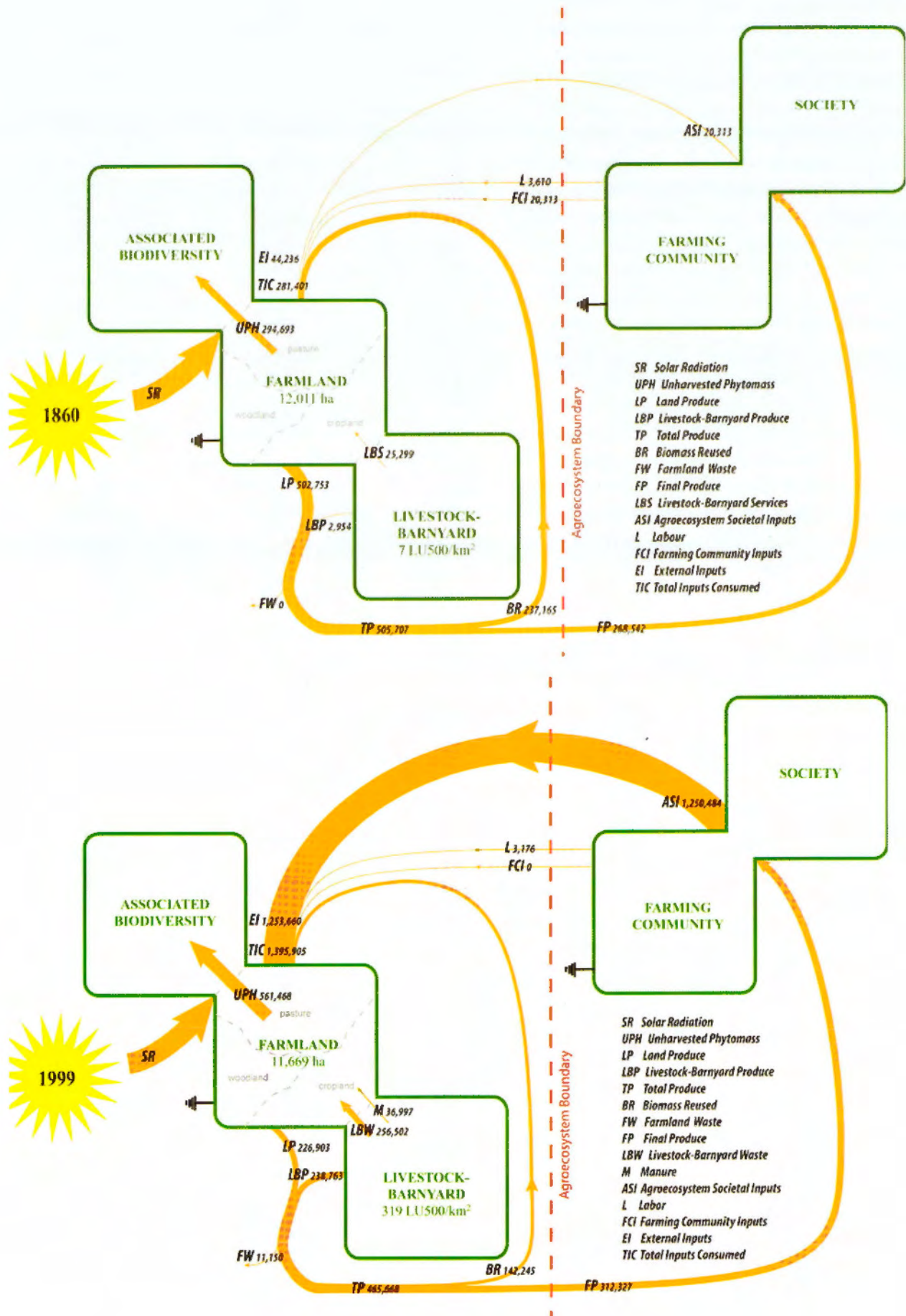
Per posar a prova aquesta hipòtesi analitzarem els fluxos d'energia moguts pels sistemes agraris de quatre municipis del Vallès central (Castellar del Vallès, Sentmenat, Polinyà i Caldes de Montbui) pels voltants de 1860 i 1999-2000, i els relacionarem amb la diversitat de cobertes del sòl als seus paisatges culturals. És palès com d'un paisatge agrari en mosaic —que tan apreciava Ramon Maraglef— hem passat a una forta disjuntiva entre monocultius bladers que subsisteixen a la plana vallesana a redós dels nous blocs d'habitatges i els polígons industrials, d'una banda, i zones de vessant abandonades i reforestades de l'altra (figura 1).



Localització i mapes d'usos del sòl a Castellar del Vallès, Sentmenat, Polinyà i Caldes de Montbui pels voltants de 1860, 1956 i 2000. Font: Marull et al. (de propera publicació)

Un model que lliga l'energia amb la informació i la diversitat del paisatge

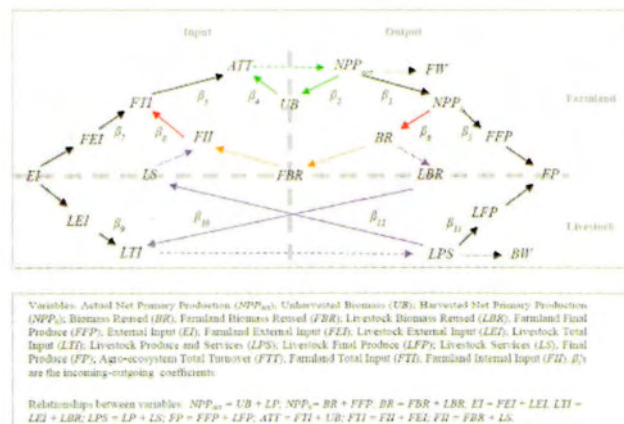
Podem veure aquests paisatges com el resultat de l'energia i la informació invertida a través del treball agrari, quan la gestió del territori era principalment a mans dels pagesos de mas entre 1860 i 1956, o quan el món de la masia ha perdut després aquella funció i l'activitat agrària ha esdevingut cada cop més industrialitzada i econòmicament marginal (Marull et al., 2010). A la figura 2 observem les grans diferències entre el perfil energètic del sistema agrari existent pels voltants de 1860, en una agricultura encara de base orgànica, i l'agricultura industrial sorgida de l'anomenada Revolució Verda des dels anys 1960 fins ara:



Principals fluxos, bucles i rendiments energètics de l'agro-ecosistema a l'àrea d'estudi del Vallès pels voltants de 1860 i el 1999. Font: Tello et al. (2015)

L'agricultura orgànica de 1860 cercava reutilitzar el màxim de fluxos biofísics interns per tal d'estalviar inputs externs. Amb aquesta estratègia de baixa dependència exterior obtenia un retorn energètic final (FEROI) proper a la unitat, i un rendiment per unitat de treball i altres factors externs superior a onze (EFEROI). Per contra, l'agricultura industrialitzada actual gasta una quantitat d'energia externa en forma de pinsos importats, fertilitzants, pesticides, electricitat i combustibles fòssils que és fins a quatre vegades més gran que el contingut energètic del producte final obtingut (FEROI). Aquesta dependència d'inputs externs comporta un desinterès a mantenir reutilitzacions internes, per la qual cosa el retorn als inputs interns (IFEROI) és ara superior al de 1860. Aquesta descursa en les reutilitzacions internes és important, atès que com diuen Mario Giampietro, Kozo Mayumi i Alevgul Sorman (2013: 142), "un tret fonamental dels agroecosistemes és que una certa quantitat dels fluxos de biomassa obtinguts del sòl es reutilitza al sistema d'ús del sòl com una inversió en el manteniment dels seus béns fons i serveis bàsics". Deixar de fer-ho suposa invertir menys materials, energia i informació en el manteniment del paisatge agrari.

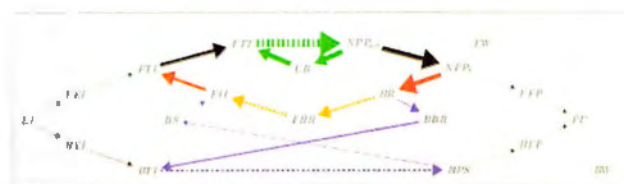
Això permet treure a la llum el mecanismes que interrelacionen la forma i el grau de pertorbació humana amb l'estat ecològic del paisatge agrari resultant (Marull et al., 2010, 2015 i de propera publicació). Tanmateix, el perfil energètic que hem sintetitzat a la figura 2 presenta uns quants problemes a l'hora d'interrelacionar totes dues coses amb més precisió. L'aritmètica d'un balanç energètic comporta perdre l'especificitat del lloc on transcorre cada flux en efectuar l'agregació que permet calcular *inputs*, *outputs* i retorns (EROI), i també impedeix representar comptablement el tancament complet dels cicles interns (*turn over*) sense incórrer en doble comptabilització. Per aquesta raó, tot i seguir basant-nos en el balanç energètic de la figura 2 hem optat per un altre tipus de representació: l'anàlisi de grafs, que descriu la circulació d'energia en un agroecosistema com una xarxa de nodes connectats per vectors (figura 3):



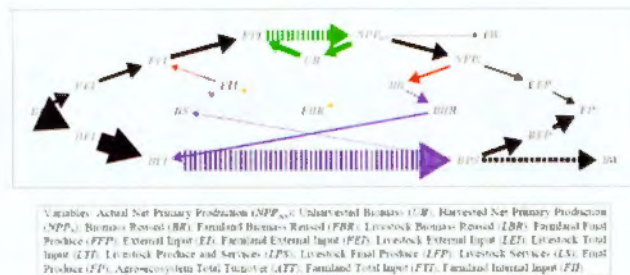
Model de Grafs dels fluxos biofísics portadors d'energia que flueixen en un agro-ecosistema que combina components agrícoles, forestals i ramaders. Font: Marull et al. (de propera publicació)

Tot partint de la producció primària neta duta a terme per la fotosíntesi a l'àrea d'estudi, cada node rep un flux d'energia i el transforma en dos vectors energètics (deixant de banda el cas especial del residu que es perden pel camí). Un vector marxa fora del sistema, i l'altre roman a dins. El graf permet representar les interrelacions entre els béns fons bàsics de l'agroecosistema (el sòl fèrtil, tot distingint els usos forestals i agrícoles, i la cabana ramadera) d'una manera que pot ser associada a cada tipus de coberta del sòl. També permet calcular les proporcions (β_n) amb què cada flux d'arribada a un node se subdivideix entre els que surten de l'agroecosistema (les β_n amb valors imparells), i els que hi romanen (les β_n amb valors parells a la figura 3). Si es considera l'agroecosistema com una estructura dissipativa (Prigogine, 1997), aquestes proporcions permeten calcular la quantitat d'energia no dissipada que roman al sistema dins la finestra temporal considerada (un any). Tot fent l'amplada de cada vector proporcional a la quantitat d'energia que hi flueix, hom pot representar els grafs corresponents als dos tipus d'agroecosistema que comparem: l'explotació agrària orgànica tradicional de 1860, i l'agricultura industrial de 1999 (figura 4):

a. Àrea d'estudi del Vallès el 1860:



b. Àrea d'estudi del Vallès el 1999:



Model de Graf dels fluxos biofísics portadors d'energia que flueixen en un agro-ecosistema que combina components agrícoles, forestals i ramaders. Font: Marull et al. (de propera publicació)

Els valors de cada vector de la figura 4 es poden especificar per a cada coberta del sòl que està interrelacionada amb d'altres en un paisatge cultural. Això permet calcular dues variables a cada una de les cel·les d'una malla d'1x1 km (figura 1): la quantitat d'energia no dissipada (E) per unitat de superfície que roman temporalment emmagatzemada, i l'índex de Shannon, que mesura la diversitat de cobertes que conté (L). Encara podem calcular una tercera variable: aplicant novament l'índex de Shannon, però aquest cop a l'equidiversitat dels fluxos que romanen a l'interior o marxen a l'exterior del graf, podem mesurar la quantitat d'informació (I) continguda en aquells vectors energètics. D'acord amb un supòsit bàsic de la Teoria de la Informació, si l'energia es concentra només a una part reduïda del graf (figura 4b) serà fàcil preveure d'antuvi el seu comportament. Cada nou esdeveniment esdevindrà previsible, i ens transmetrà menys informació. Per contra, si l'energia flueix equidistribuïda a tots els vectors i nodes del graf (figura 4a), serà més difícil preveure d'antuvi com es comportarà l'estructura dissipativa del agroecosistema, i cada nova ocurrència ens transmetrà més informació.

Parlem de *quantitat* d'informació, no del seu significat o la seva qualitat. Però val la pena introduir aquesta tercera variable, atès que des de la termodinàmica i la teoria de sistemes sabem que la mera dissipació d'energia mai no genera per si sola una estructura capaç de reproduir-se i evolucionar (Prigogine, 1997). Segons el principi de Morowitz (2002), les estructures vives emergeixen quan els fluxos d'energia es tanquen sobre si mateixos en un espai determinat, i permeten reduir l'entropia interna a costa d'augmentar l'externa. Com va explicar Margalef (1993: 79-103), això només és possible si una part de l'energia dissipada dóna lloc a la informació necessària per reproduir l'estructura, augmentar-ne la complexitat i —en les seves mateixes paraules—, “escriure la història” (Tello, 2013: 200). És la interacció entre energia i informació allò que permet generar estructures autoreproduïbles complexes.

Tot aplicant aquests fonaments teòrics a la conformació dels paisatges bioculturals, arribem a una consideració molt important. Mercès a la informació que els mena, els

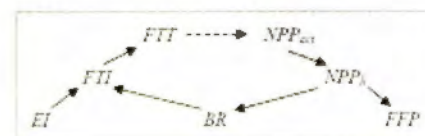
fluxos energètics que recorren l'agroecosistema (figures 2 i 3) poden *imprimir* un paisatge cultural i mantenir-lo. Així doncs, quan mesurem la quantitat d'informació continguda a un paisatge parlem de quelcom específic d'un lloc. Es tracta d'una informació cultural que roman amurada al territori. Quan major la informació, més complex serà el paisatge. El fet que la quantitat d'informació continguda al paisatge de 1860 sigui major que el 2000 no vol dir, és clar, que el funcionament d'una agricultura industrial requereixi menys coneixement que un sistema agrari orgànic tradicional. De ben segur n'incorpora molts més a través de les tecnologies i patents que hi ha rere la fabricació i venda de maquinària, fertilitzants de síntesi, tractaments agroquímics, etc. Però tota aquesta informació ja no roman *dins* el territori de la nostra àrea d'estudi. Ha esdevingut externa al paisatge —en el mateix sentit que l'enorme flux energètic extern de què depèn (figura 2).

Si observem l'estructura dels grafos (figures 3 i 4), veurem que integren tres bucles successius: 1) el forestal, pel qual una fracció de la producció primària neta de la fotosíntesi és directament apropiada per a usos humans; 2) l'agrícola, en què el treball humà ha d'assumir la reposició dels nutrients del sòl i les llavors per mantenir la fertilitat dels cultius; i 3) el ramader, que es nodreix dels altres dos i els retorna nutrients i força matriu (figura 5):

a) Subsistema forestal:



b) Subsistema agrícola:



c) Subsistema ramader:



Variables: Actual Net Primary Production (NPP_{act}), Underserved Biomass (UB), Harvested Net Primary Production (NPP_{har}), Biomass Renewed (BR), Farmland Biomass Renewed (BR), Livestock Biomass Renewed (LBR), Farmland Final Produce (FFP), External Input (EI), Farmland External Input (FEI), Livestock External Input (LEI), Livestock Total Input (LTI), Livestock Produce and Services (LPS), Livestock Final Produce (LFP), Livestock Services (LS), Final Produce (FP), Agro-ecosystem Total Turnover (ATT), Farmland Total Input (FTI), Farmland Internal Input (FII).

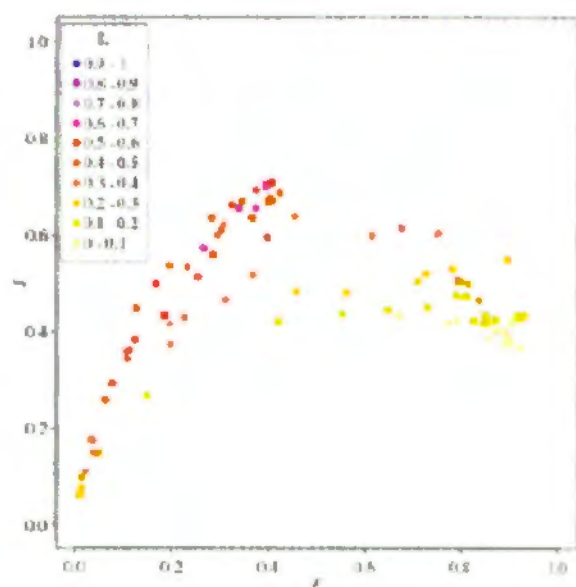
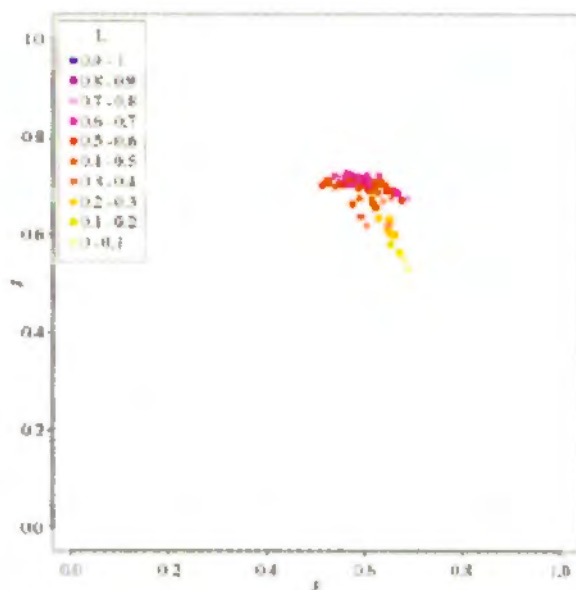
Descomposició del model de Graf dels fluxos biofísics portadors d'energia que flueixen en un agro-ecosistema entre els seus components forestal, agrícola i ramader. Font: Marull et al. (de propera publicació)

Ningú que conegui el funcionament agrari, tan des d'un punt de vista teòric, pràctic o històric, no dubtarà que menar un sistema mixt agrosilvopastoral com el representat a les figures 3 i 4 requereix més coneixements que únicament remoure llenya i fusta del bosc, cultivar terra campà, o criar bestiar quan aquestes activitats es duen a terme separatament (subsistemes *a*, *b* i *c* de la figura 5). Aquesta és una altra forma, més empírica, d'entendre per què podem adoptar l'equidistribució dels fluxos energètics que interconnecten els components d'un agroecosistema com a indicador de la quantitat d'informació que contenen.

El canvi de model d'energia-informació-paisatge al Vallès (1860-2000)

Els resultats obtinguts amb aquest model que connecta l'energia amb la informació i la diversitat de cobertes del paisatge (ELIA, per les sigles en anglès) encaixen bé amb la hipòtesi de la perturbació intermèdia (IDH). Si representem la correlació entre els valors de les tres variables a cada cel·la d'1x1 km (figura 1) en un gràfic tridimensional, observem que en el pla que interrelaciona la densitat d'energia antròpica no dissipativa que roman al paisatge, amb l'heterogeneïtat de cobertes que conté, la correlació forma un arc on la màxima diversitat paisatgística es correspon amb nivells intermedis de perturbació. Si afegim com a tercera dimensió la quantitat d'informació continguda als fluxos d'energia que esdevé impresa en el paisatge, tot l'arc de la correlació energia-paisatge (*E-L*) s'inclina de manera que el punt de màxima diversitat paisatgística relacionada amb nivells intermedis de perturbació antròpica també es correspon amb la màxima informació (*I*) incorporada (figura 6).

Tot i que la mateixa pauta es compleix als dos moments històrics, particularment pel que fa a la frontera de tots els valors possibles (en color gris), resulta palès que la forma adoptada pels valors trobats a cada cel·la del paisatge difereix notablement entre 1860 i 1999-2000 (punts blaus a la figura 6). Aquest tret s'observa millor si representem la relació entre variables en un gràfic bidimensional que mostra la correlació entre energia incorporada (*E*) i informació continguda (*I*), tot representant la diversitat de cobertes del paisatge (*L*) amb un gradient de coloració a cada punt (figura 7). El resultat deixa clar que pels voltants de 1860 la majoria de punts es trobaven agrupats en aquella petita regió de la frontera de valors possibles caracteritzada per valors intermedis d'energia antròpica incorporada (*E*), alts nivells d'informació continguda (*I*), i valors més alts de diversitat del paisatge (*L*). Per contra, el 1999-2000 força valors de les cel·les del paisatge s'han desplaçat, o bé cap a l'esquerra on valors de molt baixa perturbació (*E*) es correlacionen amb poca informació humana (*I*) impresa en el paisatge, o bé cap a la dreta on una perturbació (*E*) força més alta que la intermèdia comporta també minves en la informació incorporada (*I*).



Representació bidimensional de la correlació entre valors mitjans d'energia antròpica incorporada (*E*), i d'informació continguda a cada cel·la d'1x1 km del paisatge agrari (*I*), representant ensems la diversitat de cobertes del sòl (*L*) amb la gradació de tons de la llegenda. Font: Marull et al. (de propera publicació)

Si atenem a la gradació de colors que indica la diversitat de cobertes del paisatge (llegenda de la figura 7), comprovem que el desplaçament cap a la dreta correspon al nombre creixent de monocultius industrials en sòls planers i fàcilment mecanitzables. El desplaçament cap a l'esquerra reflecteix l'anomenada *Transició forestal*, que s'ha posat en marxa com a resultat de l'abandó i reforestació als sòls pendents i difícilment mecanitzables després de la Revolució Verda. Els dos desplaçaments expressen la polarització entre cobertes del sòl amb monocultius industrials, i el recreixement forestal per abandonament, que ja hem pogut observar (figura 1) als mapes de cobertes del sòl.

Els resultats del model ELIA: 1) fan palès el procés d'esvaïment en curs d'aquells mosaics agroforestals de l'agricultura tradicional que Ramon Margalef assenyalava com un gran instrument de conservació de la biodiversitat, i dels serveis ecosistèmics; 2) treuen a la llum que la pèrdua de mosaic es deu tant a l'excés de pertorbació antròpica, com a la retirada de l'acció humana als espais abandonats i reforestats on la pertorbació s'ha allunyat d'aquells valors intermedis propis dels paisatges agraris tradicionals en mosaic; i 3) posen de manifest que això comporta una pèrdua de diversitat i complexitat del paisatge, i que l'empobriment biològic va de la mà d'una disminució de la informació cultural impresa a cada paisatge local. Mostren, en definitiva, que pels voltants de 1860 la prevalença dels paisatges agraris en mosaic era un tret biocultural, i l'empobriment experimentat en els darrers setanta anys comporta una pèrdua preocupant d'aquella important herència biocultural.

Conclusió: cal un nou model agroalimentari

El model ELIA permet captar analíticament l'estreta interrelació existent en els paisatges culturals entre l'heterogeneïtat de cobertes i la riquesa d'hàbitats i espècies que pot acollir, d'una banda, i de l'altra el treball de la terra dut a terme per la pagesia de masos i viles que movia fluxos d'energia de manera espacialment diferenciada al territori per transformar els ecosistemes en agroecosistemes. Mentre aquella transformació es va mantenir en uns llindars intermedis de pertorbació, i va estar dirigida pel saber fer de les comunitats rurals, els paisatges en mosaic resultants tenien la capacitat d'acollir una elevada biodiversitat que, al seu torn, proporcionava un seguit de serveis ecosistèmics vitals: pol·linització, control de plagues i malures, manteniment de la fertilitat, aigua dolça neta, etc. La industrialització de l'agricultura, i la pèrdua de la capacitat de les antigues masies de mantenir un ús divers però integrat del territori, van comportant l'esvaïment d'aquells mosaics i una minva de la informació continguda als paisatges per l'abandó sofert per la gent que sabia com fer-los i mantenir-los. Si volem que Catalunya mantingui en el futur la capacitat de produir aliments sans, i també els serveis ecosistèmics que només una elevada biodiversitat pot proveir, ens haurem de replantejar quina agricultura, ramaderia i silvicultura tenim, o hem deixat de tenir, i quina ens cal per ser un país més sobirà i sostenible en el segle XXI.

Bibliografia

AGNOLETTI, M. (ed.) (2013). Italian Historical Rural Landscapes. Cultural Values for the Environment and Rural Development. Berlin: Springer.

AGNOLETTI, M. (2014). "Rural landscapes, nature conservation and culture. Some notes on research trends and manage-

ment approaches from a (southern) European perspective". *Landscape & Urban Planning*, núm. 126: p. 66-73.

EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY (2006). Land accounts for Europe, 1990-2000. Towards integrated land and ecosystem accounting. Copenhagen: EEA Report No 11/2006.

GIAMPIETRO, M.; MAYUMI, K.; SORMAN, A.H. (2013). Energy Analysis for Sustainable Future: Multi-Scale Integrated Analysis of Societal and Ecosystem Metabolism. Londres: Routledge.

MARGALEF, R. (1993). Teoría de los sistemas ecológicos. Barcelona: Publicacions Universitat de Barcelona.
— (2006). "La teoria ecològica i la predicció en l'estudi de la interacció entre l'home i la resta de la biosfera". *Medi Ambient. Tecnologia i Cultura*, núm. 38: p. 38-61.

MARULL, J.; TELLO, E. (2010). "Eficiència territorial: la sinergia entre energia i paisatge". *Medi Ambient. Tecnologia i Cultura*, núm. 46: p. 29-37.

MARULL, J.; PINO, J.; TELLO et al. (2010). "Social metabolism, landscape change and land-use planning in the Barcelona Metropolitan Region", *Land Use Policy*, núm. 27 (2): p. 497-510.

MARULL, J.; TELLO, E.; FONT, C. et al. (2015). "Towards an energy-landscape integrated analysis? Exploring the links between socio-metabolic disturbance and landscape ecology performance (Mallorca, Spain, 1956-2011)". *Landscape Ecology*, DOI 10.1007/s10980-015-0245-x

MARULL, J.; FONT, C.; PADRÓ, R. et al. (de propera publicació). "Energy-landscape integrated analysis: A proposal for measuring complexity in internal agroecosystem processes 4 (Barcelona Metropolitan Region, 1860-2000)".

MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSEMENT (2005). Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Washington DC: Island Press / World Resources Institute. Disponible al lloc web: <<http://www.millenniumassessment.org/en/index.html>> (data consulta: 05/09/2015).

MOROWITZ, H.J. (2002). The Emergence of Everything: How the World Became Complex. Oxford: Oxford University Press.

PRIGOGINE, I. (1997). El fin de las certidumbres. Madrid: Taurus.

TELLO, E. (2013). "La transformació històrica del paisatge

entre l'economia, l'ecologia i la història: podem posar a prova la hipòtesi de Margalef?". Treballs de la Societat Catalana de Geografia, núm. 75: p. 195-221.

TELLO, E.; GALÁN, E.; SACRISTÁN, V. et al. (2015). "A proposal for a workable analysis of Energy Return On Investment (EROI) in agroecosystems. Part I: Analytical approach". Viena: Social Ecology Working Paper of the Institute of Social Ecology. Disponible al lloc web: <https://www.uni-klu.ac.at/socec/downloads/WP156_web%282%29.pdf> (data consulta: 05/09/2015).