

El tractament del territori com a sistema



Alícia en el País de les Meravelles..

-o la incertesa en el funcionament dels sistemes complexos-

Tanmateix, alguna cosa podem saber...

Objectiu



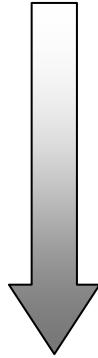
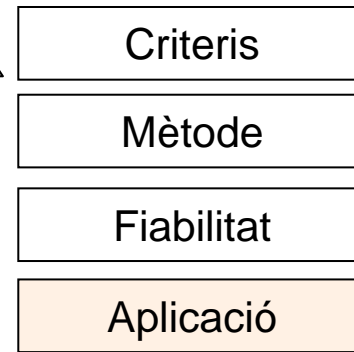
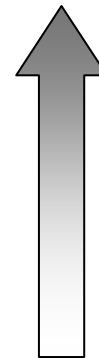
El tractament del territori com a sistema:
criteris ecològics i metodologies paramètriques



Euclides (300 a.c.)
"Els elements"

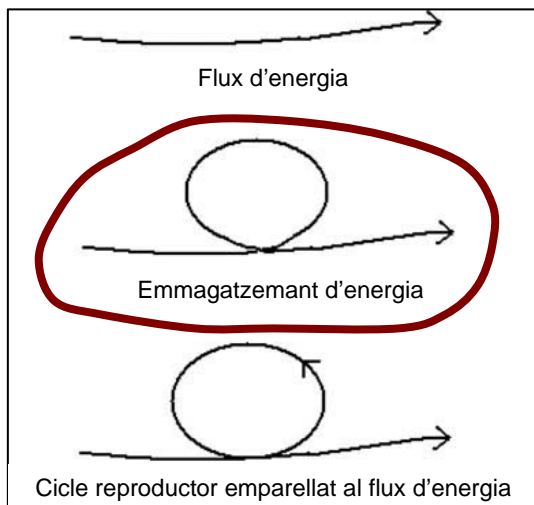
Axioma de partida: és el territori un sistema?
Definim **sistema** com un conjunt d'*elements relacionats* que constitueixen una *estructura funcional* amb propietats emergents

Un **axioma** és *indemostrable* per definició però és *admès* com a punt de partida: només pot ser desacreditat pels *fets*!

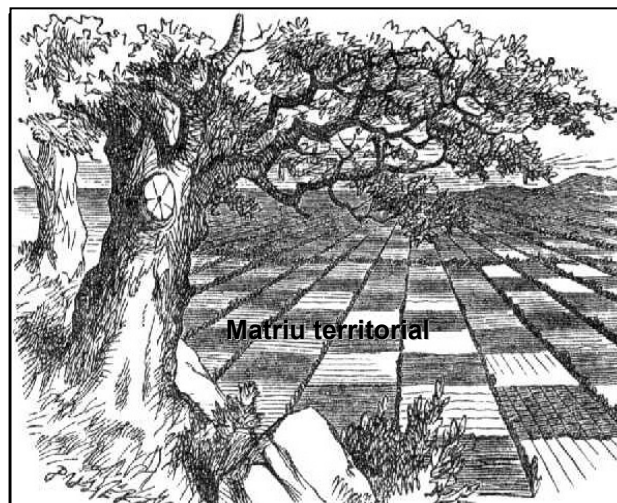
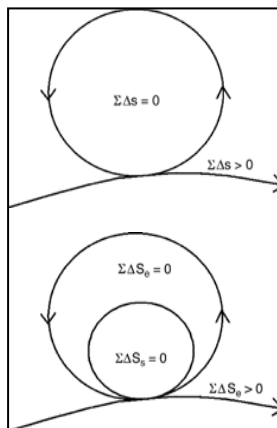


criteris

Els ecosistemes: entre la termodinàmica i el joc..



$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$



La vida NO és aliena a les lleis de la termodinàmica... però fa "trampa": incrementa la seva **complexitat** exportant **entropia** a l'entorn

Un ser viu és un sistema sostenible eficient: utilitza l'*energia metabòlica* per a mantenir la seva *estructura dinàmica* i projectar-la en el futur



Schrödinger (1944)
"Què és la vida?"

El *model termodinàmic d'organisme* té fortes reminiscències en l'*estructura funcional* dels **ecosistemes**

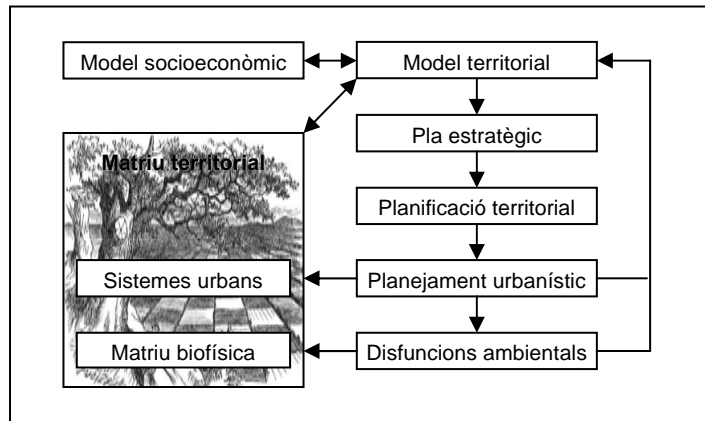
La sostenibilitat territorial és funció directa de la *complexitat organitzada* i inversa de la *dissipació d'energia*

criteris

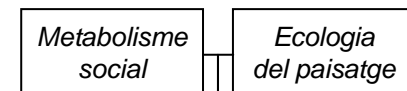
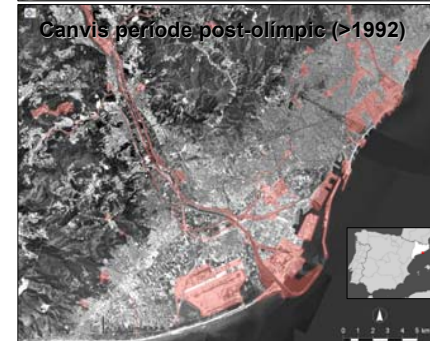
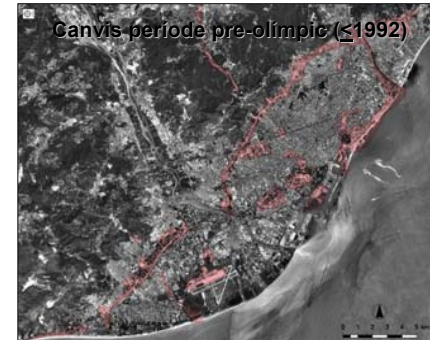
La dimensió del territori com a sistema

Definim **matriu territorial** com la base espaciotemporal resultant del *medi físic*, el *component biològic*, les seves *relacions funcionals* i les transformacions que l'*activitat humana* imprimeix en el sistema expressada en formes concretes de *paisatge*

Llavors el “**paisatge**” es pot definir, des d’una perspectiva històrica, com l’expressió territorial del *metabolisme* que qualsevol societat manté amb els sistemes naturals que la sustenten



Entenem per **eficiència territorial** les formes d’aprofitament econòmic de la *matriu territorial* que aconseguen satisfer les necessitats humanes mantenint l’estat ecològic dels seus *paisatges*



Eficiència territorial

Repte pendent!

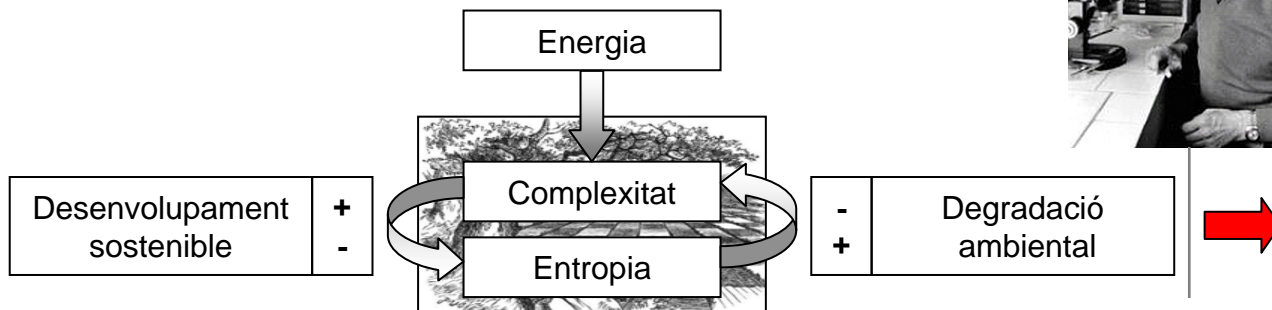
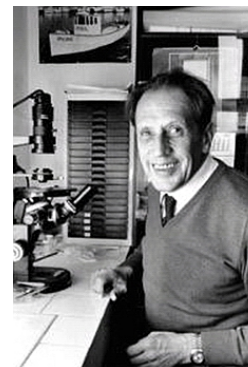
criteris

Les sinèrgies energia - territori

Un camí per a entendre la **transformació del territori** és analitzar els *fluxos energètics i d'informació* del *intercanvi metabòlic* de l'economia amb el seu entorn...
identificant els principals *impactes ecològics*

Relació entre:
metabolisme social
i *ecologia del paisatge*

Els ecosistemes utilitzen l'**energia** per
"augmentar la informació, complicar-se
la vida i escriure la història"

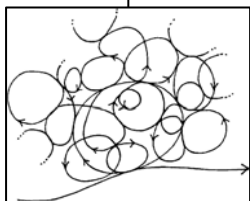


Margalef (1991)
"Teoria dels
sistemes ecològics"

Definim **complexitat** com la capacitat del sistema per acollir *diversitat* i *processos*

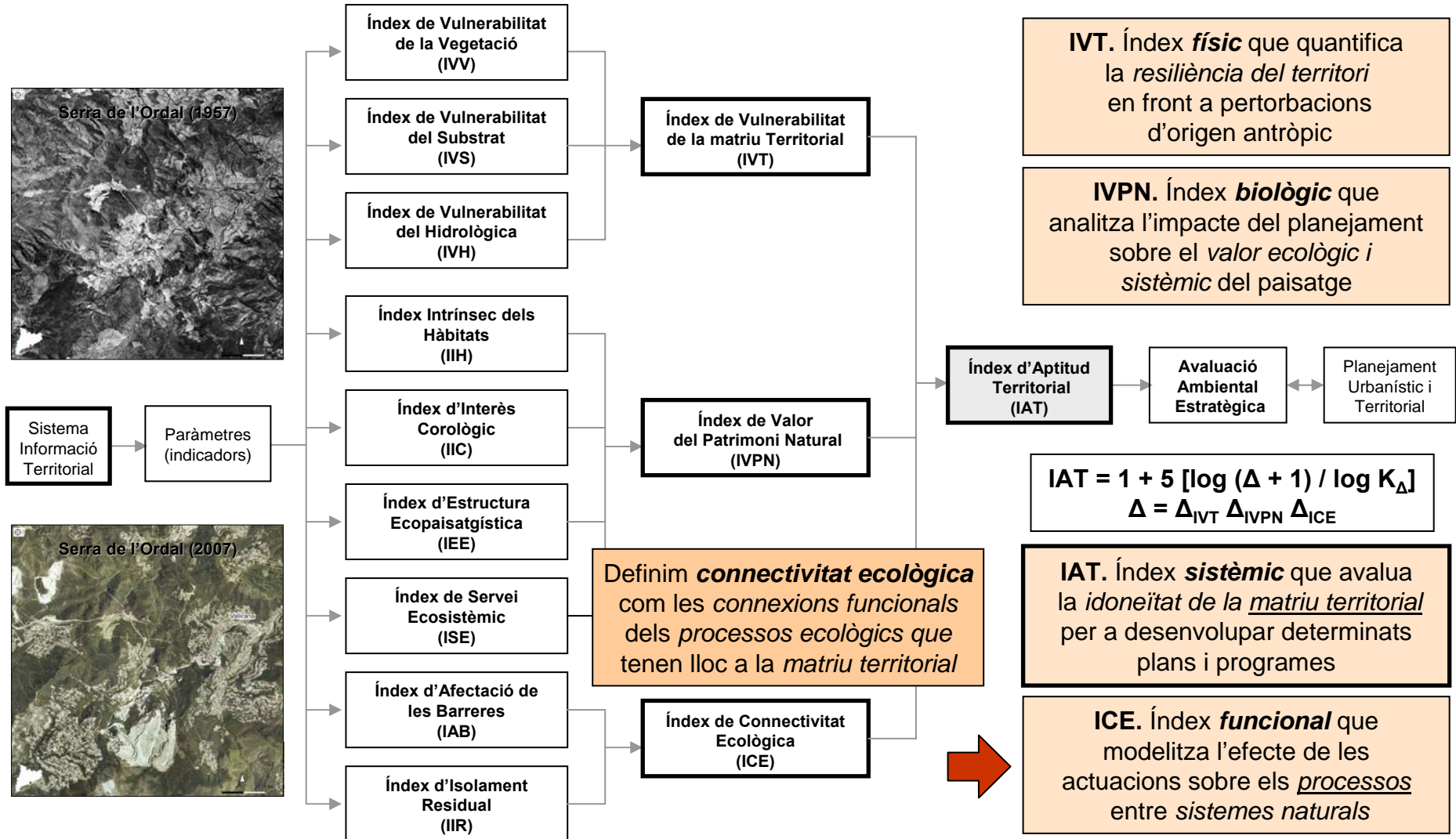
L'augment de *complexitat* en uns espais es sustenta en l'**explotació** d'altres llocs amb menor *informació* i major *producció*

Un territori heterogeni i connectat permet garantir certa estabilitat del sistema



Mètode

El plantejament metodològic



Mètode

La formalització matemàtica

Anàlisi topològica dels usos del sòl

$$T = F(X)$$

X és la *matriu territorial*
T és la topologia associada

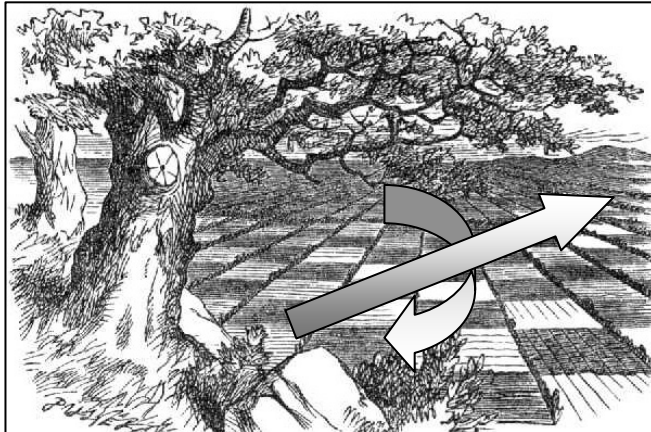
Cada subconjunt (V) de X és obert -a fluxos del sistema- de T
Tots els punts de l'espai (p_i) estan continguts a X: $X = \cup p_i$
Per propietats, poden definir-se reunions φ i interseccions \cap

Àrees Ecològiques Funcionals

$$X_{C'r} \subset X_{Cr} \subset X \quad r = 1 \dots 11$$

Índex d'Isolament Residual (IIR)

$$X_{Cy} \subset X_{Cr} \subset X \quad IIR = 10 (S_{Cy} / S_{Cr})^{1/3}$$



Model computacional de distancia de costos

La impedància és deu als costos del nodes i la direcció del moviment

Moviment horitzontal:

$$A_1 = \frac{\text{Cost1} + \text{Cost2}}{2}; A_2 = \frac{\text{Cost2} + \text{Cost3}}{2}; \text{Cost acumulat} = A_1 + A_2$$

Moviment diagonal:

$$A_1 = \sqrt{2} \frac{(\text{Cost1} + \text{Cost2})}{2}; A_2 = \sqrt{2} \frac{(\text{Cost2} + \text{Cost3})}{2}; \text{Cost acumulat} = A_1 + A_2$$

Distància de costos:

$$\text{Cost}(C_n) = \sum_{m=1}^{m=1} \text{Costo}(p_m); p_{1, \dots, 1} \subset C_n$$

L'algoritme busca per a cada punt (p_i) el valor de camí amb mínim cost acumulat

$$X_{Bs} + X_b \Rightarrow d_s \rightarrow d'_s$$

$$Y_s = \sum (b_s - k_{s1} \ln(k_{s2}(b_s - d'_s) + 1)); Y = \sum Y_s \rightarrow X_Y$$

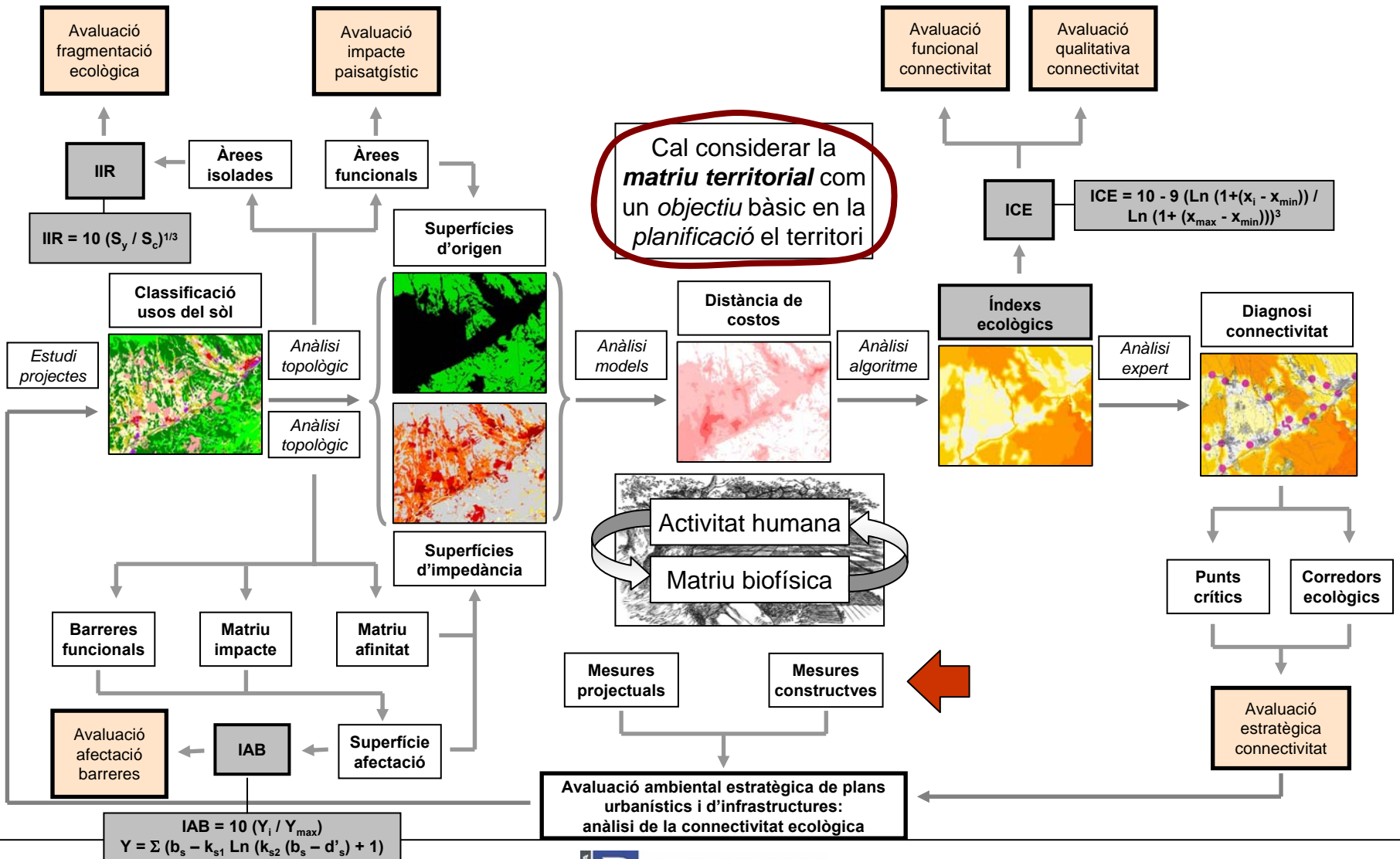
$$X_i = X_a + X_Y \quad X_{C'r} + X_i \Rightarrow d_r$$

$$ICE_b = 10 - 9 (\ln(1 + d_{ri}) / \ln(1 + d_{rt}))^3$$

Definim *matriu territorial* (X)
com el *conjunt del territori*
i els *processos* que hi tenen lloc

Mètode

El model de connectivitat



Verificació

Anàlisi de sensibilitat

Sensibilitat del model a valors no recolzats experimentalment (matrius de càlcul)

$A_n = ICE - ICE_n$	Matriu de càlcul	Mitjana	Desviació Standard
A_1	Aleatòria	0.135	0.353
A_2	Nul·la	0.258	0.883
A_3	Independent	0.217	0.479

Anàlisi de validació

Validació d'estudis (Rodà & Pino; Mayor; Rueda; Forman; etc.)

Estudis	Escala	Corredors biològics	Enllaços paisatgístics	Coincidència
E_1	Local	0.75	0.90	0.80
E_2		0.85	0.85	0.85
E_3	Regional	0.95	0.90	0.90
E_4		0.85	0.95	0.90

Anàlisi de fiabilitat

Fiabilitat amb dades (BioCat; SITXELL; Atles Ocells; CHC; Minuartia; IEFC; etc.)

Models de Minuartia	ICE_t		ICE_f		ICE_a		ICE_{ob}	
	r	P	r	P	r	P	r	P
Mamífers (model 1)	-0,325	0,000	-0,391	0,000	-0,412	0,000	-0,433	0,000
Mamífers (model 2)	-0,425	0,000	-0,496	0,000	-0,505	0,000	-0,532	0,000
Ocells agrícoles (model 1)	0,324	0,000	0,186	0,000	-0,105	0,000	0,118	0,000
Ocells agrícoles (model 2)	0,205	0,000	0,077	0,000	-0,180	0,000	0,003	0,799
Ocells espais oberts (model 1)	-0,031	0,002	-0,064	0,000	-0,142	0,000	-0,170	0,000
Ocells espais oberts (model 2)	-0,015	0,157	-0,084	0,000	-0,211	0,000	-0,200	0,000
Ocells forestals (model 1)	-0,665	0,000	-0,574	0,000	-0,290	0,000	-0,502	0,000

Anàlisi territorials

Coherència territorial dels resultats obtinguts amb el model ICE (components principals)

Índex (r^2)	Component	Variables territorials relacionades	Beta
ICE (0.57)	CP 1	Latitud, pluja d'estiu, elevacions, distància a la costa	0.539
	CP 10	Pendents	0.323
	CP 5	Distància a vies principals	0.269
	CP 6	Distància a vies secundàries	0.193
	CP 12	UTM XY	0.169
	CP 3	UTM X2	-0.109

Relació entre: *anàlisi reduccionista* i *aproximació sistèmica*

Cal una actitud prudent: les **limitacions** comencen en reduir a una xifra unidimensional una "realitat multidimensional" com és la *matriu territorial*



Aplicació

Camps d'aplicació

Diagnosi ambiental de la *matriu territorial*

Estudi de base per a *plans territorials*

Avaluació de *plans urbanístics i d'infraestructures*

Relacions amb l'*avaluació de projectes i obres*

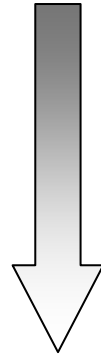
Escales de treball

País

Regional

Municipal

Local



Assajos d'aplicació

Planejament sectorial (*escala de país*)

Estudi per a la Connectivitat entre Espais Lliures a Catalunya

Planejament territorial (*escala regional*)

Ordenació dels espais oberts a la Regió Metropolitana de Barcelona

Impacte d'infraestructures (*escala supramunicipal*)

Proposta de traçat de la línia del TAV en el tram Montmeló - La Roca

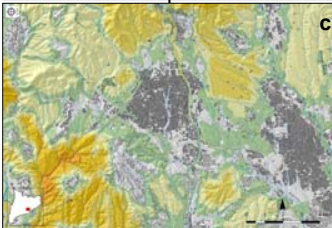
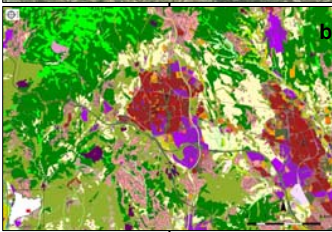
Restauració ecològica (*escala local*)

Restabliment de la connectivitat ecològica a Montcada i Reixach

Assaig d'aplicació: escala de país

Estudi per a la *Connectivitat Biològica entre Espais Lliures a Catalunya*

Relació entre:
estructura del paisatge
i funcionalitat territorial

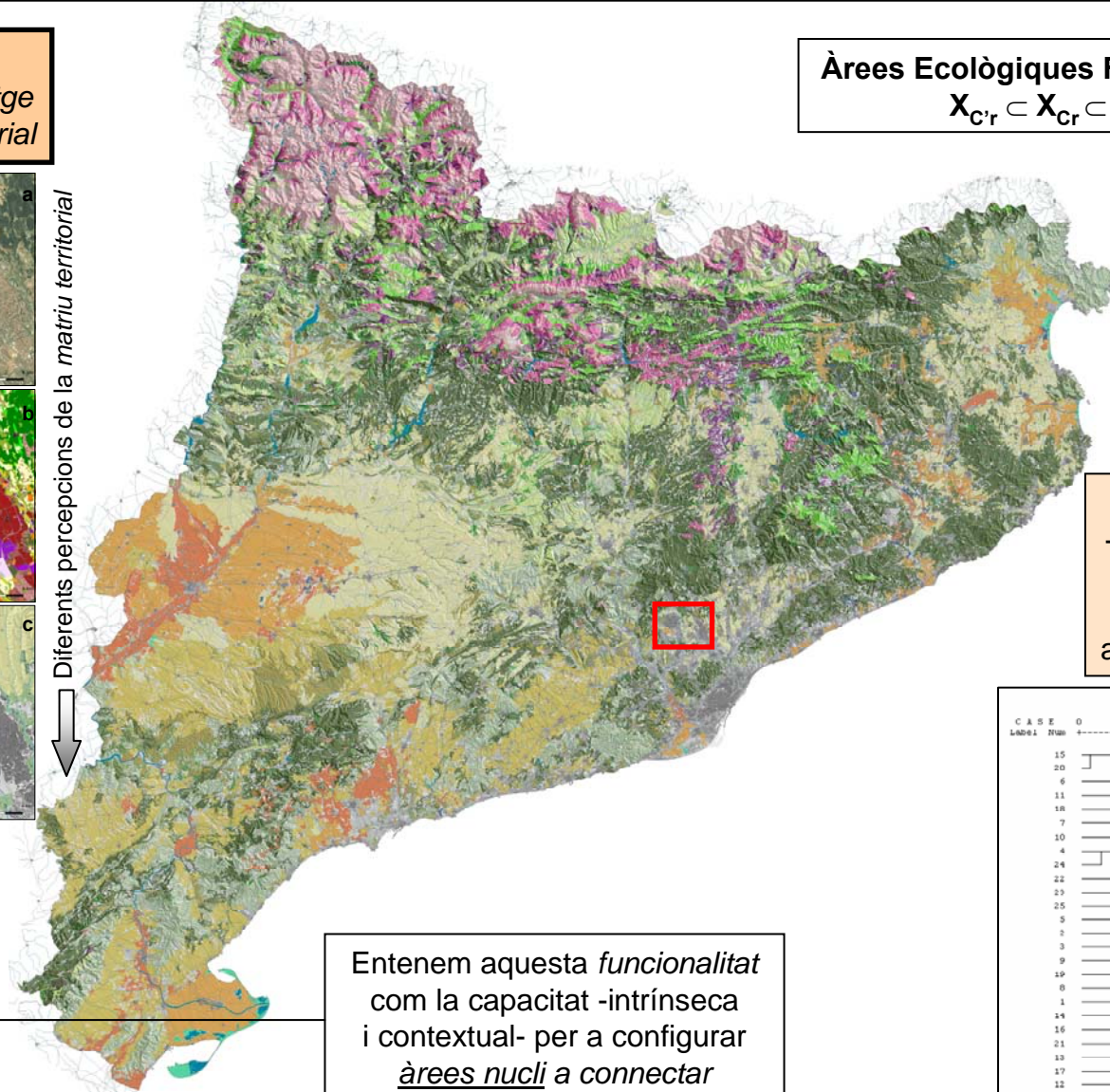


Diferents percepcions de la matriu territorial



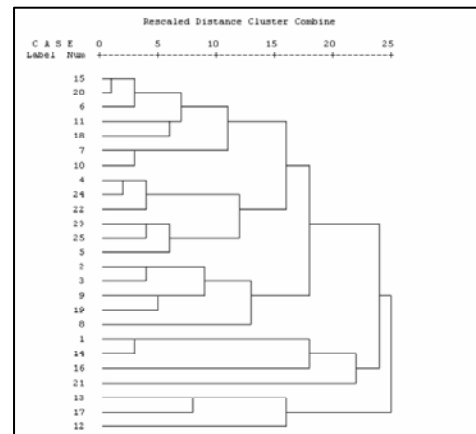
Àrees Ecològiques Funcionals

$$X_{C'r} \subset X_{Cr} \subset X$$



El mètode ISODATA
-patrons sobre imatges
-identifica unitats
-tipologies en l'espai
-assimilables a *paisatges*

Entenem aquesta *funcionalitat*
com la capacitat -intrínseca
i contextual- per a configurar
àrees nucli a connectar



Assaig d'aplicació: escala de país

Estudi per a la *Connectivitat Biològica entre Espais Lliures a Catalunya*

$$X_l = X_a + X_y \quad X_{C,r} + X_l \Rightarrow d_r$$
$$ICE_b = 10 - 9 (\ln(1 + d_{ri}) / \ln(1 + d_{rt}))^3$$

L'augment de **complexitat** es sustenta en l'*explotació* d'espais de major producció

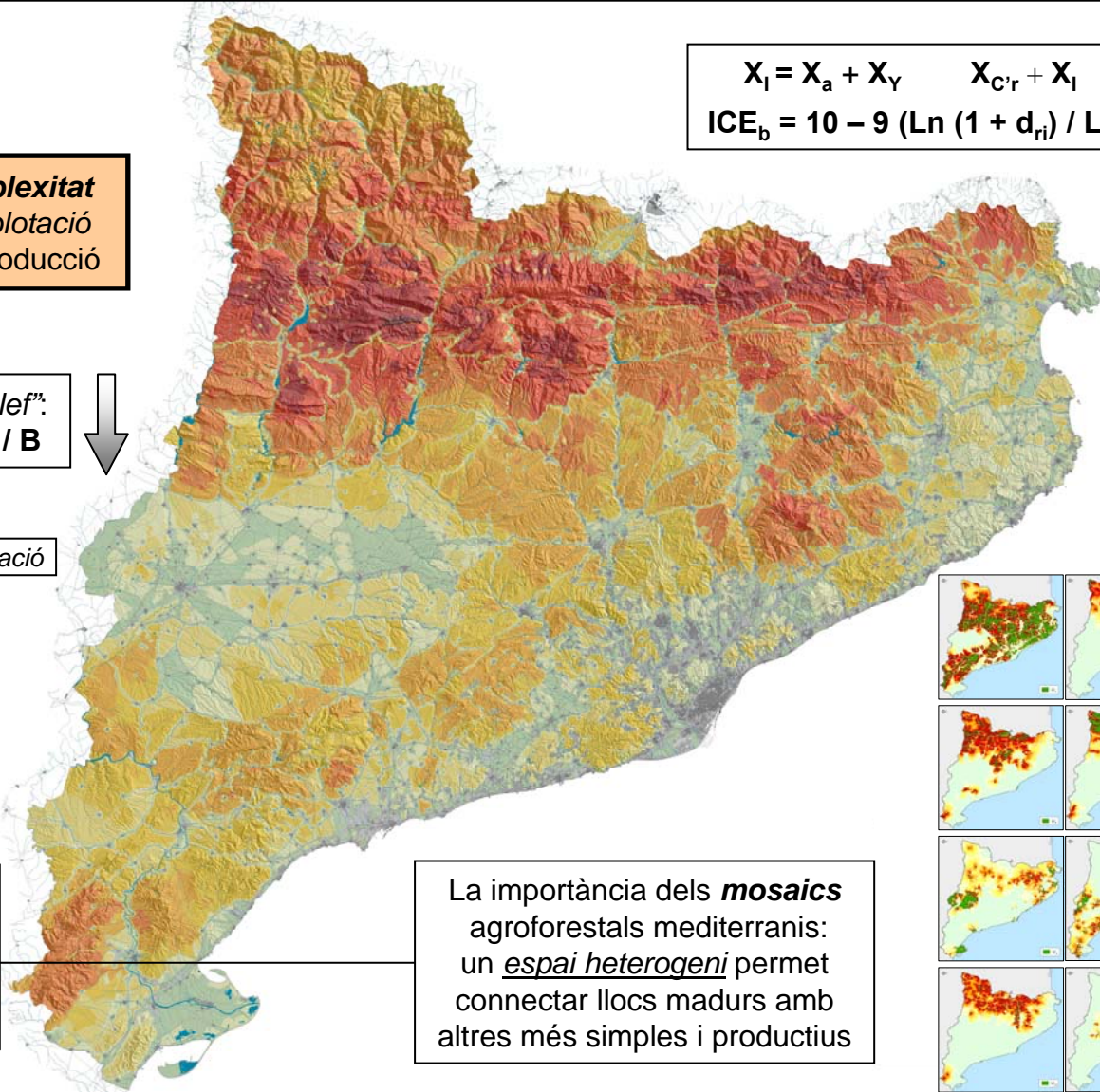
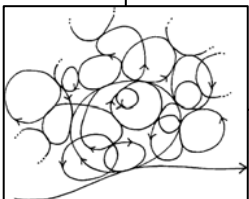
El "*principi de Margalef*":
taxa de renovació **P / B**

Entropia

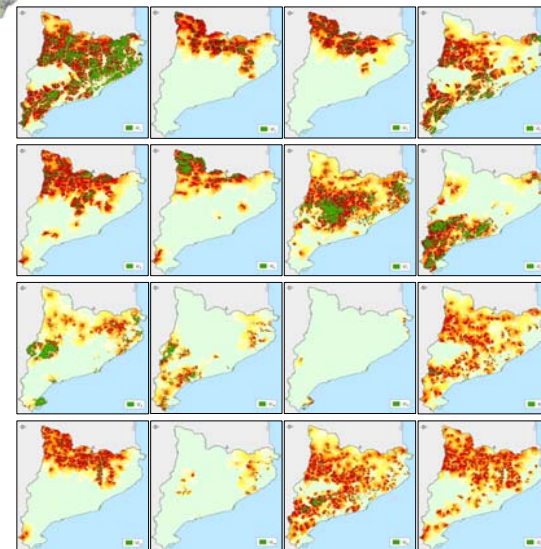
Informació

Topologia diversa

Complexitat



$$ICE_a = \sum ICE_b / m$$



La importància dels **mosaics** agroforestals mediterranis: un *espai heterogeni* permet connectar llocs madurs amb altres més simples i productius

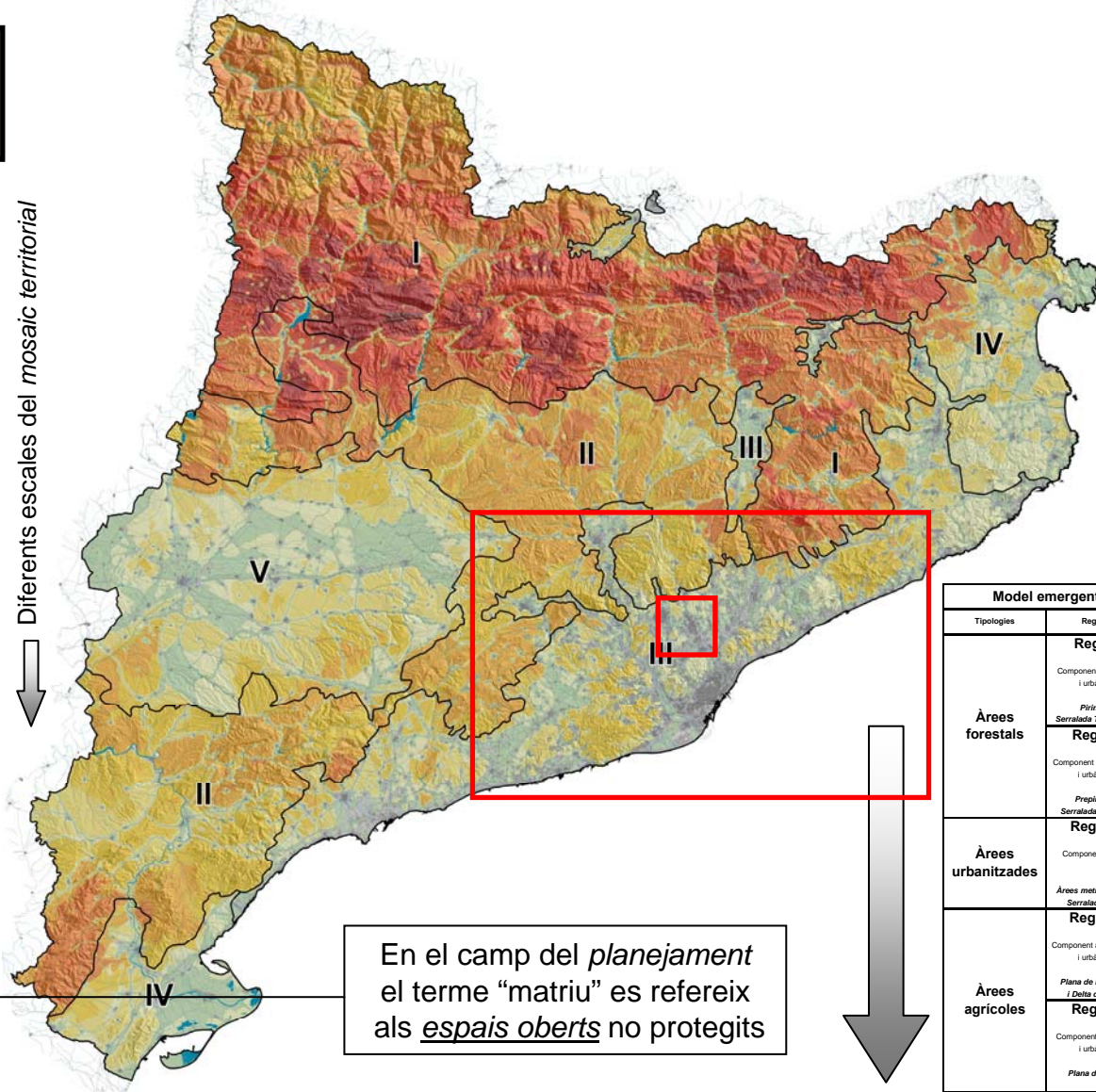
Assaig d'aplicació: escala de país

Estudi per a la *Connectivitat Biològica entre Espais Lliures a Catalunya*

Relació entre:
escales de *paisatge*
i de *planejament*



Diferents escales del mosaic territorial



En el camp del *planejament*
el terme "matriu" es refereix
als espais oberts no protegits

Model emergent		Xarxa	Xarxa - Matriu	Matriu
Tipologies	Regions	Espais en xarxa	Espais estructuradors	Espais esmortiment
Àrees forestals	Regió I Component forestal alt i urbà baix Pirineu i Serralada Transversal	PEIN + XN-2000 Resta xarxa verda	Enclavaments agrícoles Eix fragmentació ICE ≥ 3	
	Regió II Component forestal mitjà i urbà mitjà Prepirineu i Serralada Prelitoral	PEIN + XN-2000 Resta xarxa verda Enllaç paisatgístic	PEIN + XN-2000 Corredor ecològic Eix fragmentació ICE ≥ 2	Espais agroforestals
Àrees urbanitzades	Regió III Component urbà alt Àrees metropolitanes Serraladaitoral	PEIN + XN-2000 Resta xarxa verda Enllaç paisatgístic	PEIN + XN-2000 Corredor ecològic Passadís d'habitat Eix fragmentació ICE ≥ 1 (mesura restauració)	Espais agroforestals Paisatge agrícola
	Regió IV Component agrícola mitjà i urbà mitjà Plana de l'Empordà i Delta de l'Ebre	PEIN + XN-2000 Resta xarxa verda	PEIN + XN-2000 Corredor ecològic Eix fragmentació ICE ≥ 2	PEIN + XN-2000 Espais agroforestals Paisatge agrícola
Àrees agrícoles	Regió V Component agrícola alt i urbà baix Plana de Lleida		Enclavaments forestals Eix fragmentació ICE ≥ 2	PEIN + XN-2000 Paisatge agrícola

Assaig d'aplicació: escala regional

Proposta d'ordenació dels espais oberts a la Regió Metropolitana de Barcelona

El model socioeconòmic és responsable del creixement *urbanístic* i de la crisi del sistema *agroforestal* tradicional

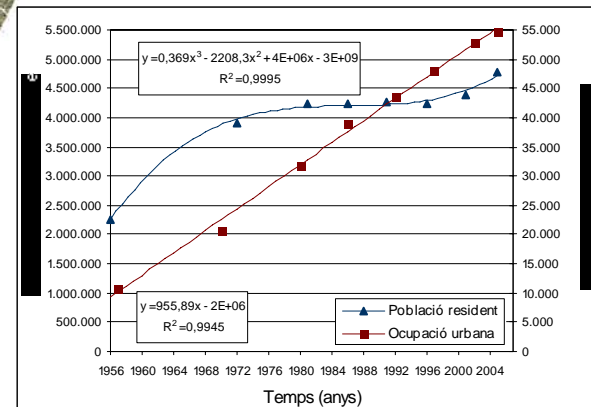
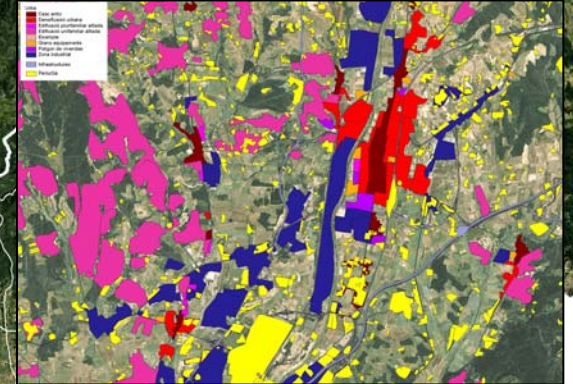
Energia (fòssil)

- Complexitat

+ Entropia

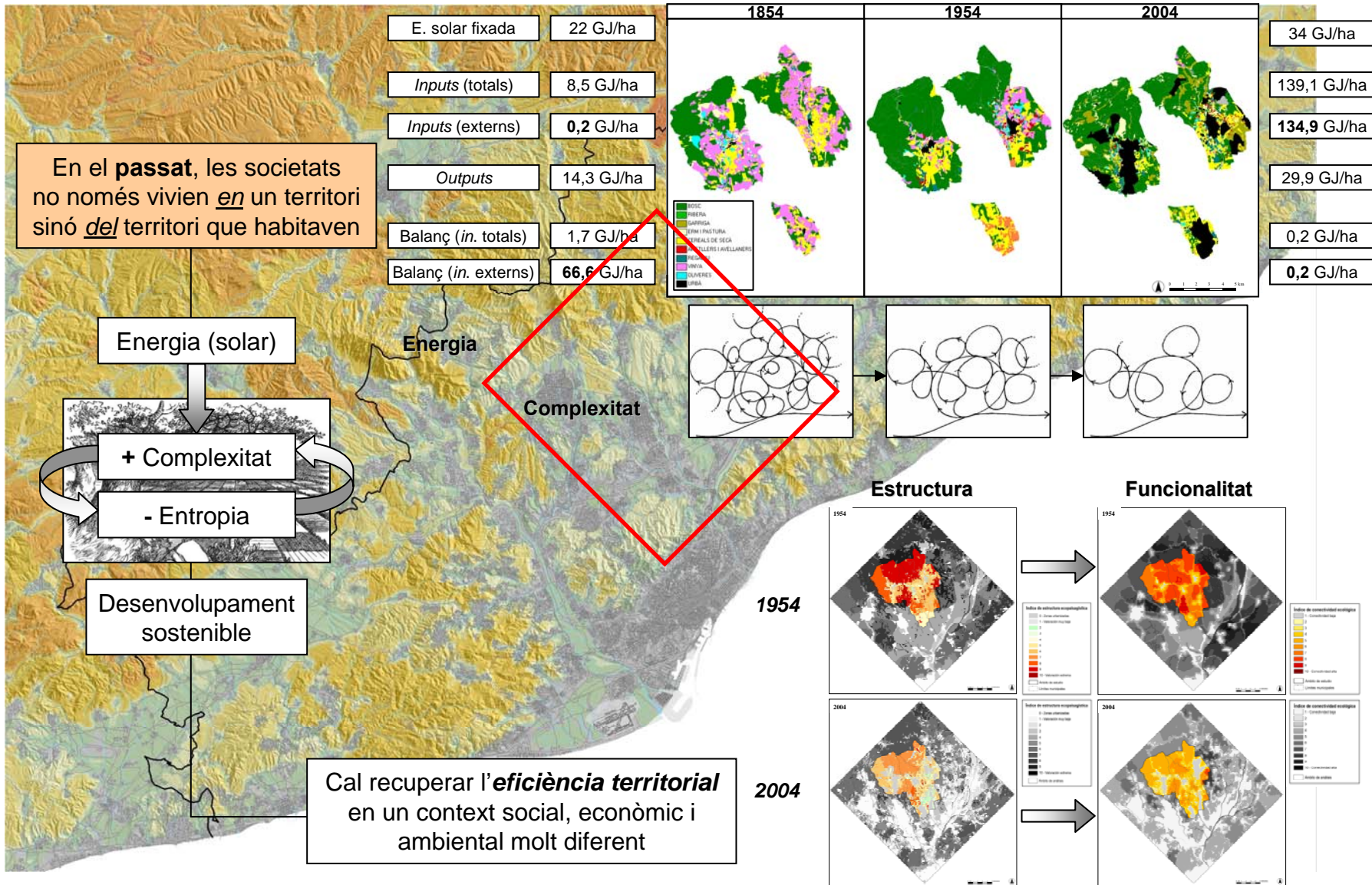
Degradació ambiental

La *devaluació conceptual* del territori com a *sistema* ha portat a considerar-lo com un "solar disponible"



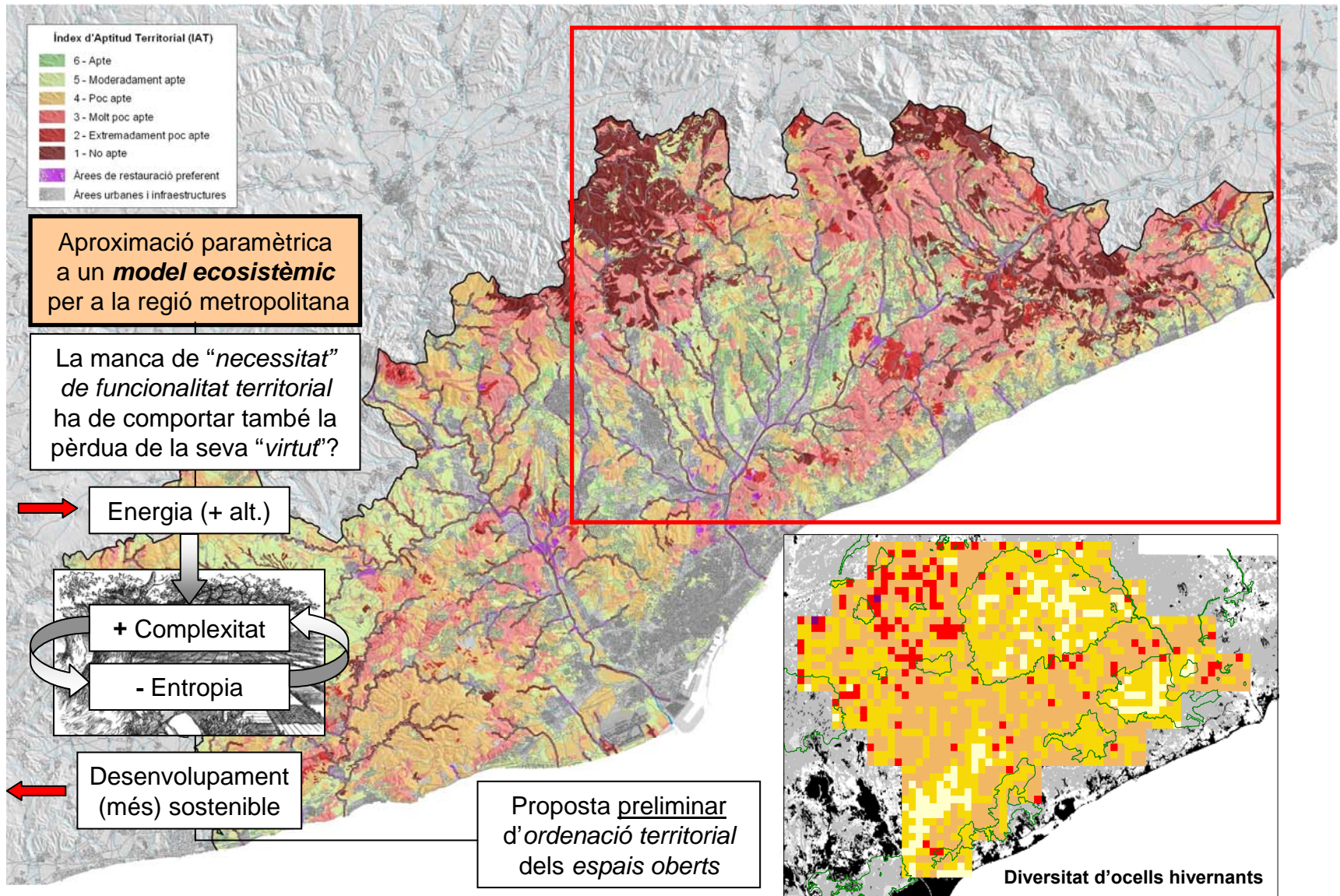
Assaig d'aplicació: escala regional

Proposta d'ordenació dels espais oberts a la Regió Metropolitana de Barcelona



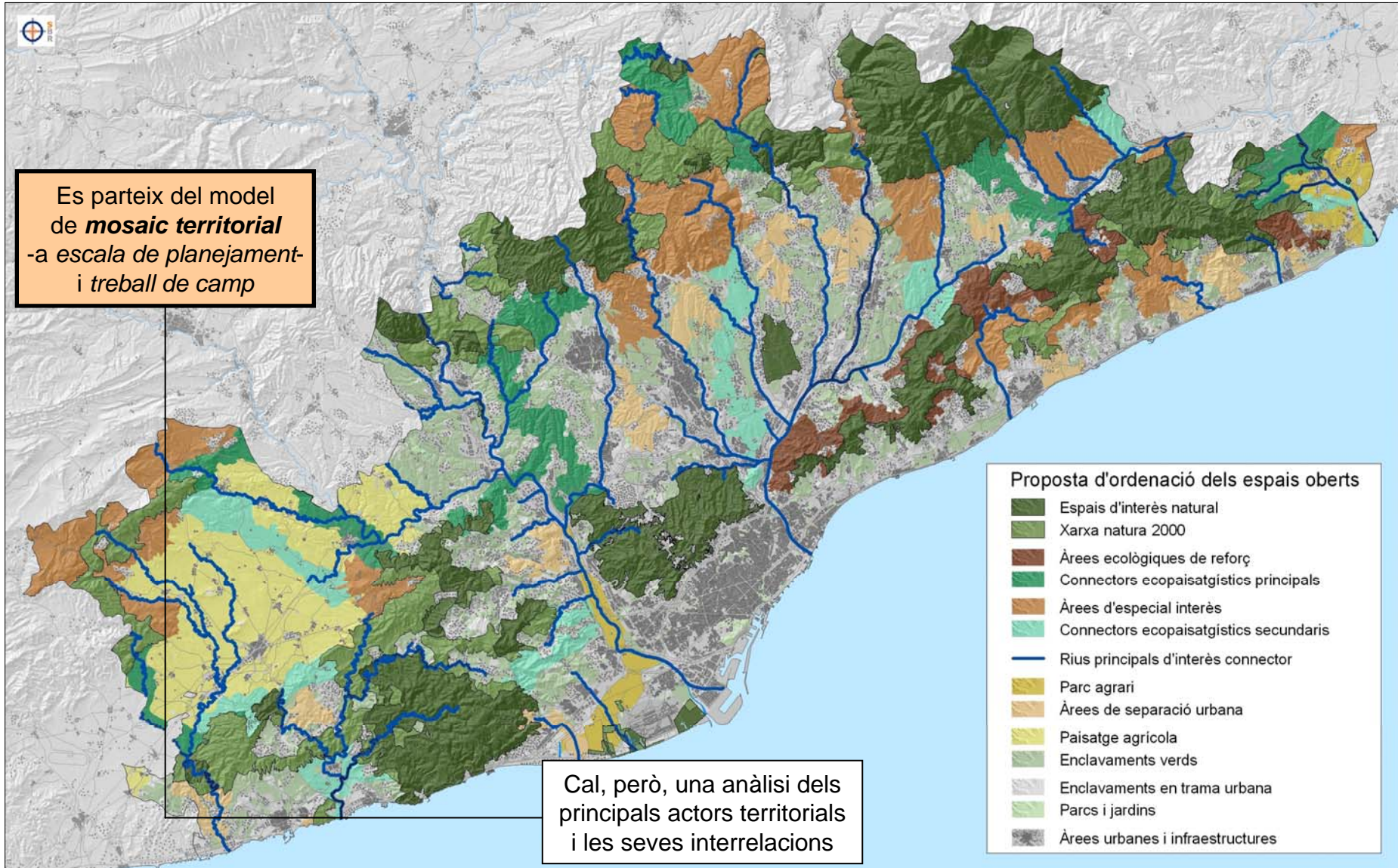
Assaig d'aplicació: escala regional

Proposta d'ordenació dels espais oberts a la Regió Metropolitana de Barcelona



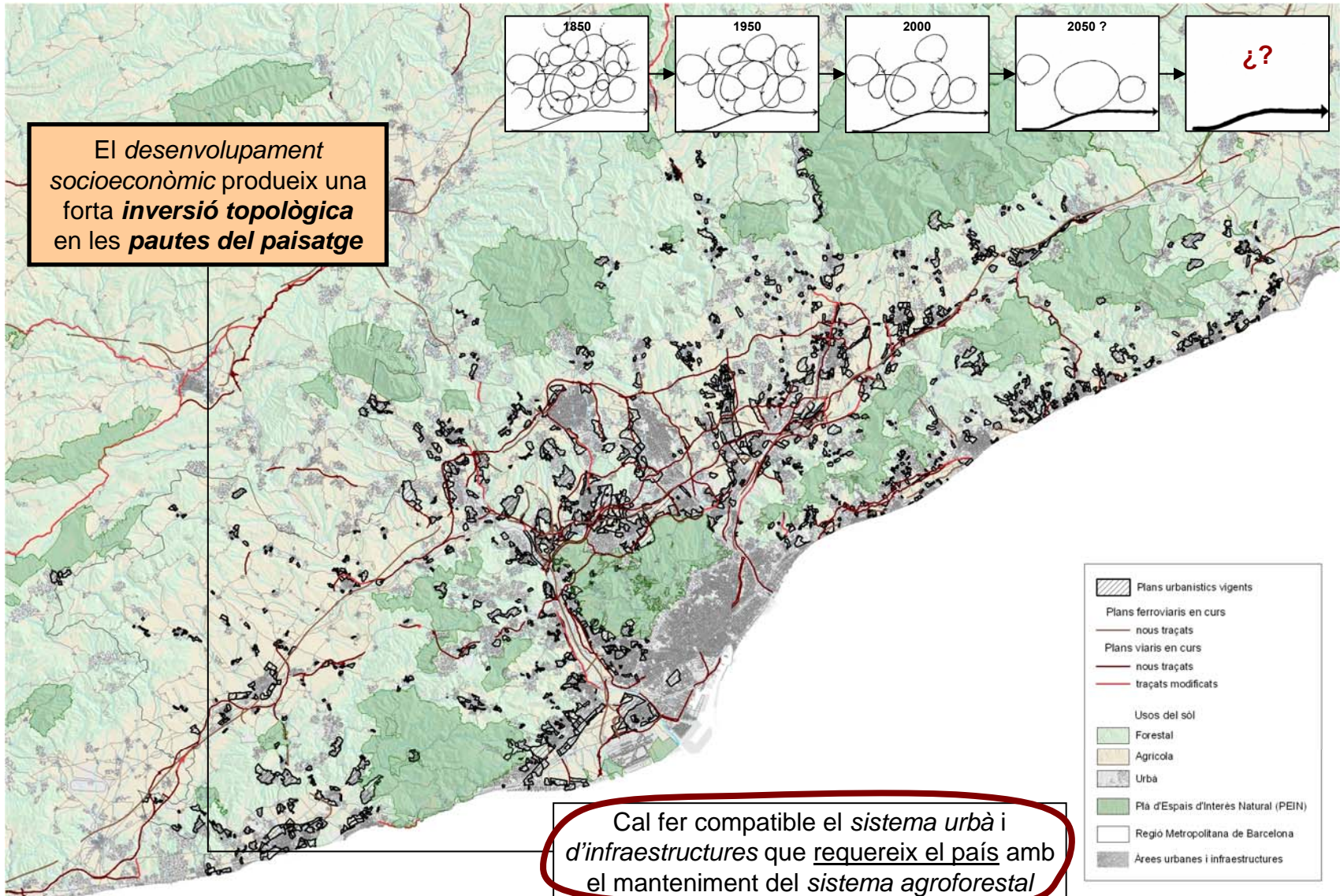
Assaig d'aplicació: escala regional

Proposta d'ordenació dels espais oberts a la Regió Metropolitana de Barcelona



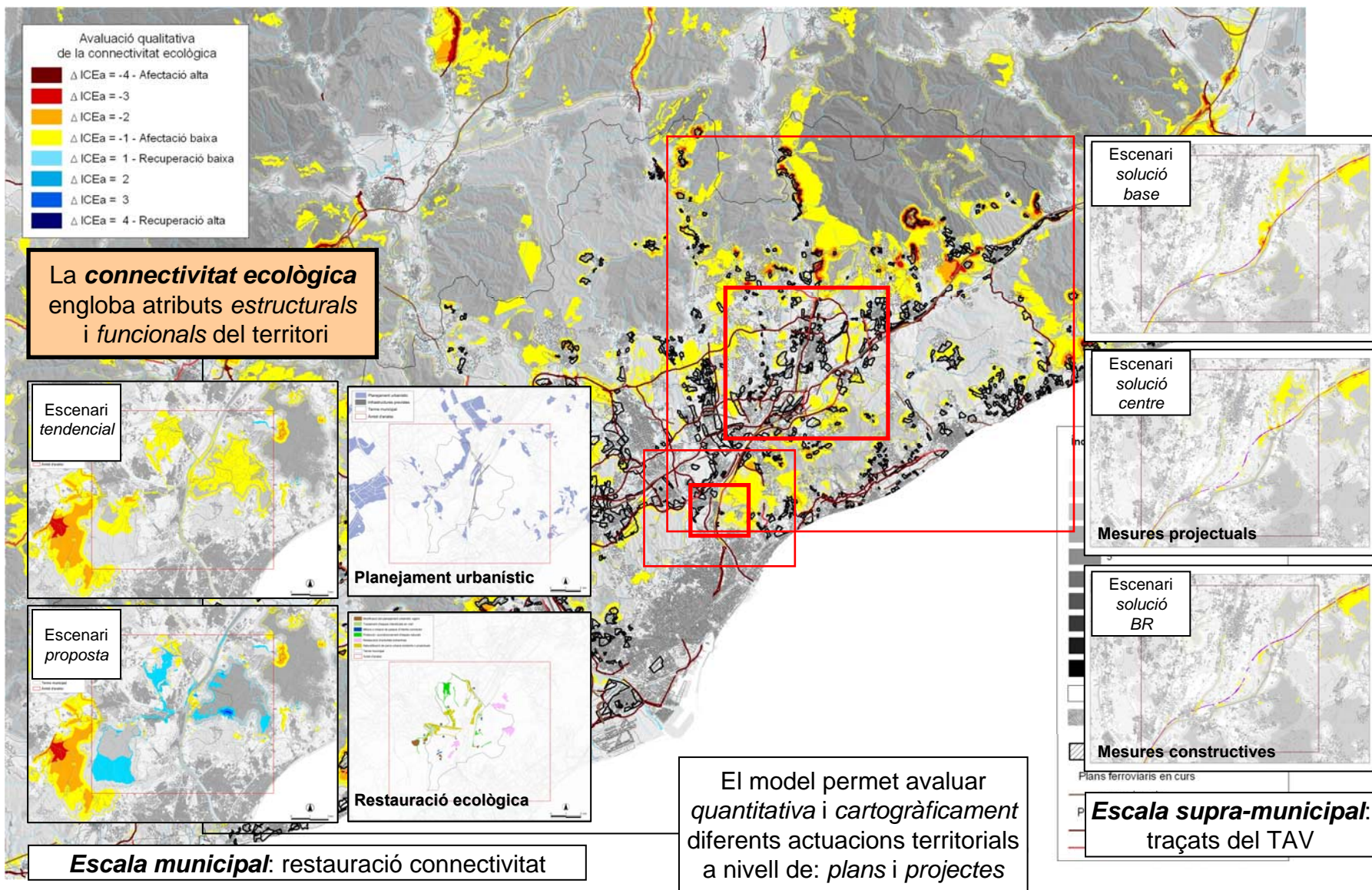
Assaig d'aplicació: escala regional

Afectació dels plans urbanístics i d'infraestructures: relacions amb el model territorial



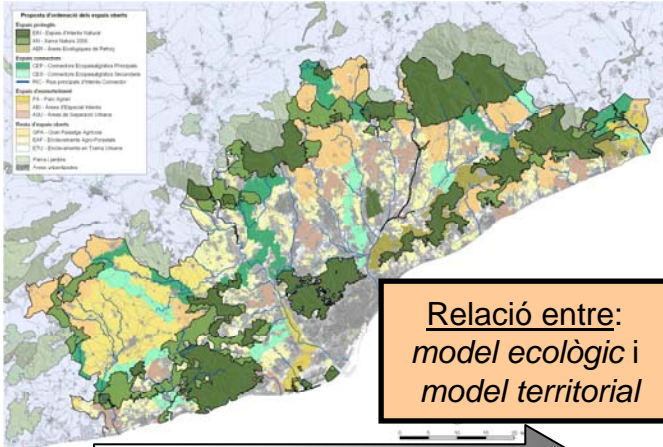
Assaig d'aplicació: escala regional

Afectació dels plans urbanístics i d'infraestructures: relacions amb el model territorial



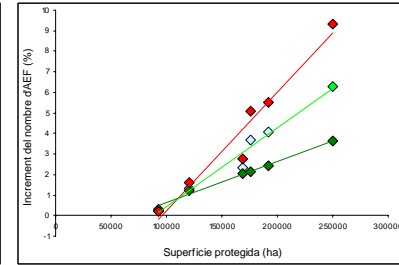
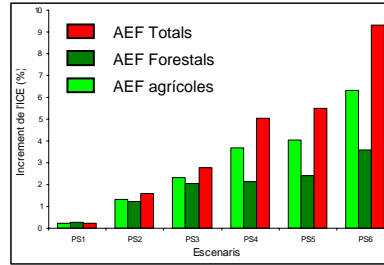
Assaig d'aplicació: escala regional

Afectació dels plans urbanístics i d'infraestructures: relacions amb el model territorial

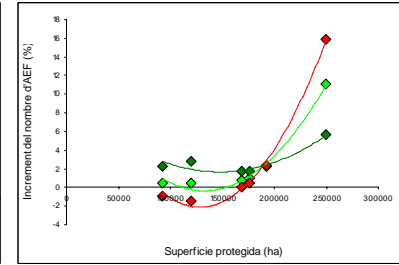
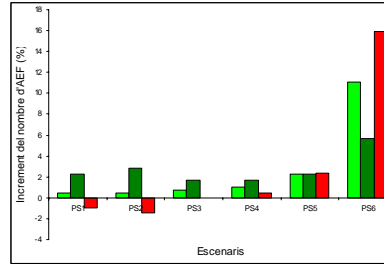


Relació entre:
model ecològic i
model territorial

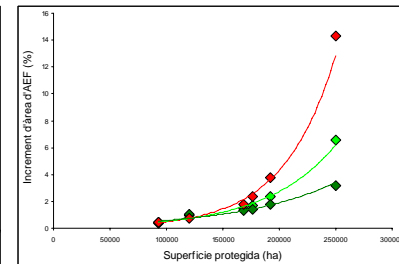
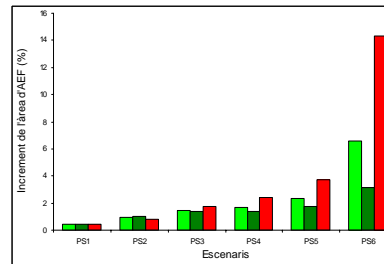
Model ecològic	Connectivitat	Aptitud	Verificació	Model territorial
Matriu territorial	Proposta estratègica connectivitat	Proposta de mosaic territorial	Proposta ordenació espais lliures	Proposta planejament territorial
Espais en xarxa	PEIN XN-2000 Resta xarxa verda Enllaç paisatgístic	PEIN XN-2000 Àrees de reforç Connector ecològic	Proposta ordenació espais lliures	Protecció especial
			Connectors principals Àrees de reforç	
Espais estructuradors	Corredor ecològic Passeres d'hàbitat	Corredor fluvial Àrees alladades Estructuració litoral Parc agrari	Connectors secundaris Àrees d'especial interès	Protecció territorial
			Rius d'interès connector Àrees separació urbana Parc agrari	
Espais esmorteiment	Àrees funcionals	Paisatge agrícola Enclavaments verds	Enclavaments verds Paisatge agrícola	Protecció preventiva
Espais urbanitzats	Àrees fragmentades Zones excloses	Àrees isolades Zones urbanes	Enclavaments en trama Trama urbana	Sense protecció especial
Avaluació ambiental estratègica	Anàlisi funcional (ICE)	Anàlisi qualitatiu (IAT)	Mesures projectuals	Estudi de plans urbanístics i infraestructures



Δ ICE



Δ AEF (nº)



Δ AEF (ha)

Considerar la *matriu territorial* -juntament amb la xarxa d'espais naturals protegits- resulta indispensable per a assegurar el "funcionament ecològic" del territori

Conclusions



Quan l'augment d'**energia** dissipada disminueix la **complexitat** del sistema..

la *degradació ambiental* és un resultat palpable d'aquella *estratègia de malbaratament* anomenada en ecologia com el "*principi de la regna Roja*".

"córrer cada cop més per a seguir en el mateix lloc" ..