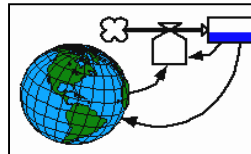


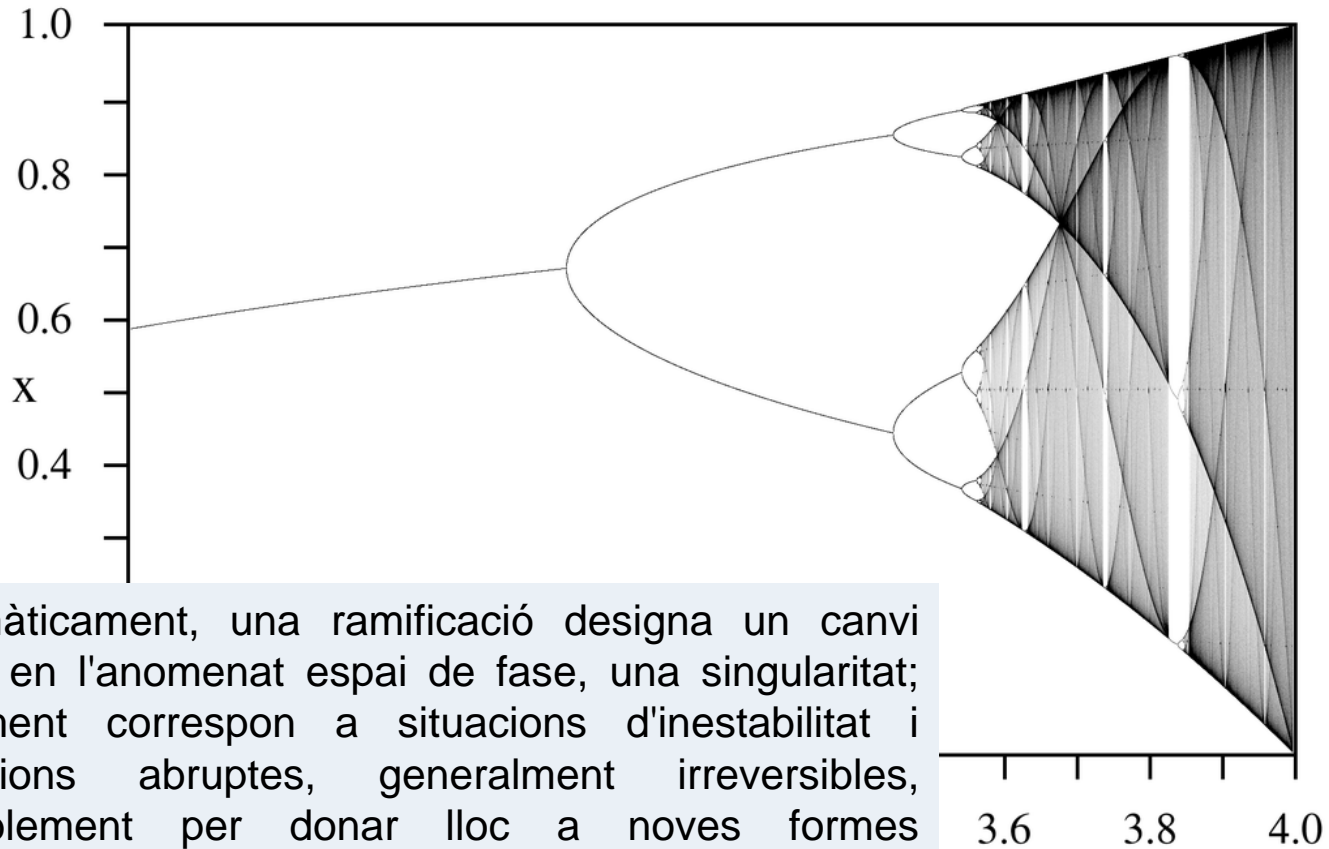
DINÀMICA DE SISTEMES, UNA APROXIMACIÓ A LA SIMULACIÓ CONTÍNUA.

Història 1

- El Bolxevic bielorús Alexander Bogdanov, metge i economista, va desenvolupar entre el 1913 i el 1922 una teoria de sistemes de certa sofisticació que es denomina "tektology", o ciència de les estructures. Bogdanov va arribar a preveure el que en la dècada de 1960 s'anomenaria "teoria de la catàstrofe", concepte que posteriorment prendria el sobrenom de "forquilla".
- 1948 *Cybernetics*, de Norbert Wiener, pare de la cibernètica (estudi de la comunicació i el control tant del animal com de la màquina).
 - ▣ Apareixen el bucles de retroalimentació.
- Ludwig von Bertalanffy, *Teoria dels sistemes generals* 1968, es una descripció matemàtica dels sistemes definibles sobre la natura.
 - ▣ No serveix per fer prediccions, però permet entendre el sistema.



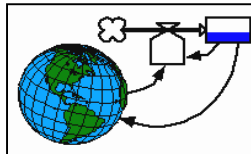
Bifurcació



Matemàticament, una ramificació designa un canvi sobtat en l'anomenat espai de fase, una singularitat; físicament correspon a situacions d'inestabilitat i transicions abruptes, generalment irreversibles, probablement per donar lloc a noves formes ordenades que apareixen sobtadament.

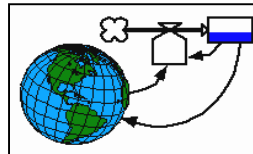
Història 2

- **Forrester**, enginyer de sistemes del **Institut Tecnològic de Masachussets (MIT)** va desenvolupar aquesta metodologia durant la dècada dels anys 50. La primera aplicació va ser el anàlisi de l'estructura d'una empresa nord-americana i l'estudi de les oscil·lacions molt acusades en les vendes d'aquesta empresa. Publicat com **Industrial Dynamics** el 1961. En 1969 es publica l'obra Dinàmica urbana, en la que es mostra com el “**modelat DS**” es aplicable a sistemes de ciutats. En 1970 apareix el “model del món”, treball que va servir de base per tal que Meadows y Meadows realitzessin el **I Informe al Club de Roma**, divulgat posteriorment amb el nom de “**Els límits del creixement**”. Aquests treballs i la seva discussió van popularitzar la Dinàmica de sistemes a nivell mundial.



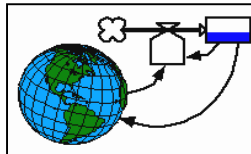
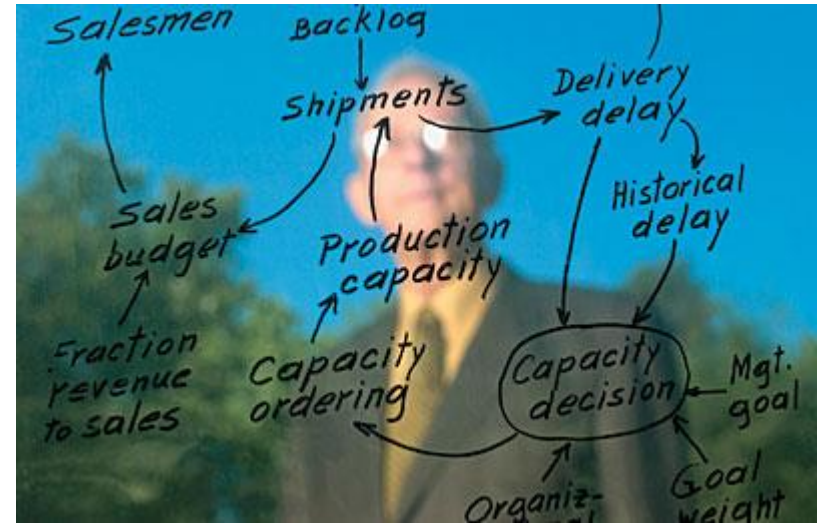
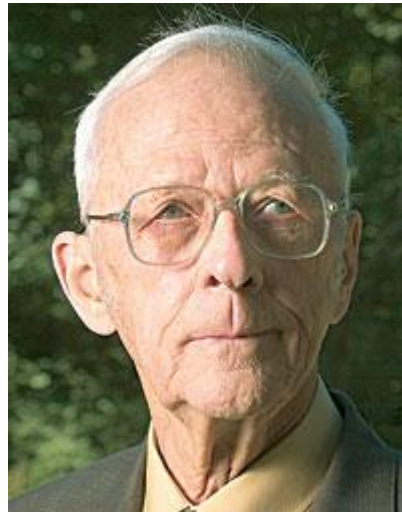
Història 3

- *Forrester* va establir un **paral·lelisme** entre els **sistemes dinàmics** (o en evolució) i un **hidrodinàmic**, constituït per dipòsits, intercomunicats per canals amb o sense retards, variant mitjançant fluxos el seu nivell, amb l'ajuda d'elements exògens.
- La dinàmica de sistemes permet actualment anar més enllà dels estudis de casos i de les teories descriptives. La dinàmica de sistemes no està restringida a sistemes lineals, podent fer ple ús de les **característiques no lineals dels sistemes**.
- **Usant els ordinadors**, els models de dinàmica de sistemes permeten una simulació eficaç de sistemes complexos. Aquesta simulació representa la única forma de determinar el comportament en els sistemes no lineals complexos.

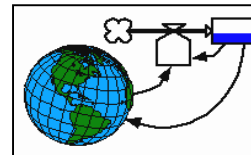
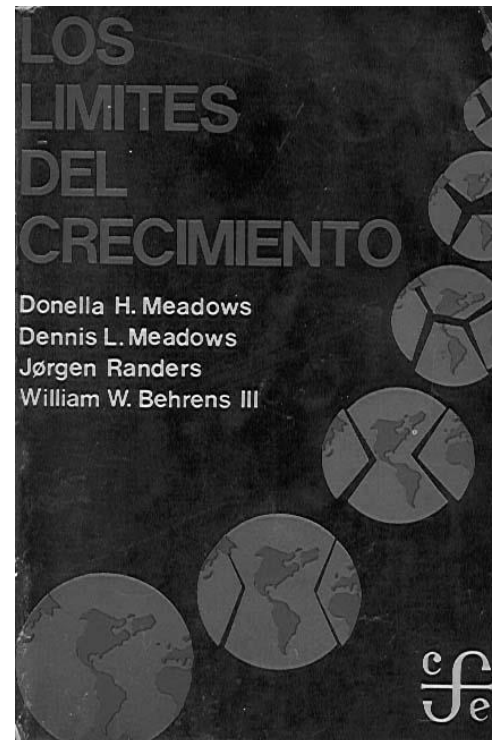
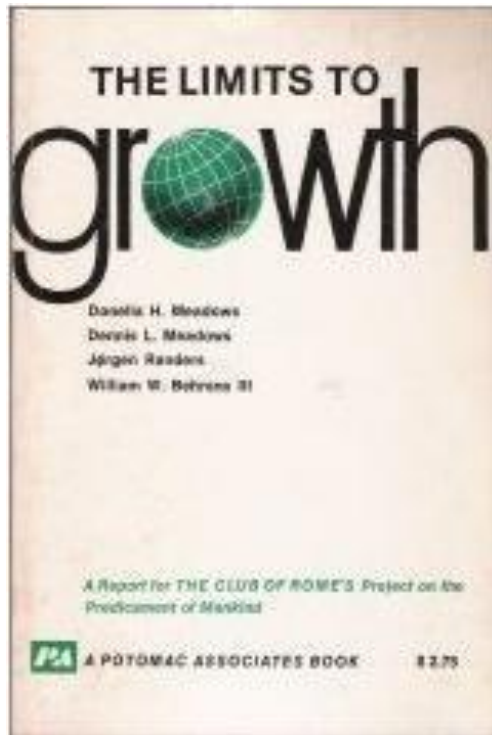


Història 4

JAY FORRESTER



Història 5



Història 6

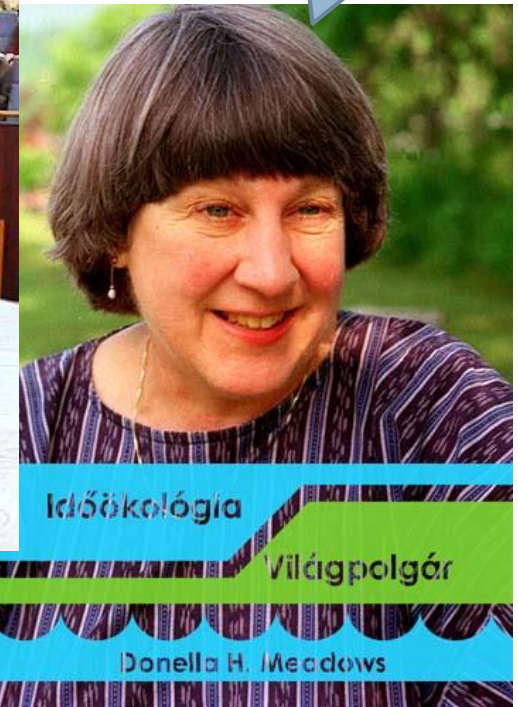
Jørgen
Randers

Dennis L.
Meadows

Donella H.
Meadows

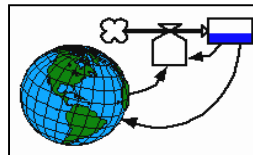


William W.
Behrens III



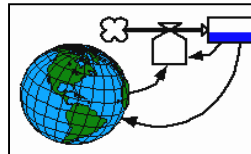
Definicions 1

- Forrester, Jay W. “Dinámica industrial”. Editorial Ateneo, Buenos Aires, 1981.
- Estudia les característiques de **retroalimentació** de la informació en **l'activitat industrial** amb la fi de poder demostrar com l'estructura organitzativa, la amplificació (de polítiques) i la demora (en les decisions o les accions) interactuen i influeixen en l'èxit de l'empresa.



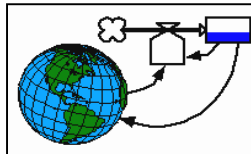
Definicions 2

- Aracil Javier y Gordillo Francisco. “Dinámica de sistemas”, Alianza Editorial, Madrid, 1997.
- Es un mètode en el que en conviuen **l'anàlisi i la síntesi**, subministrant un exemple concret de la metodologia sistèmica. La dinàmica de sistemes proporciona **un llenguatge que permet expressar les relacions** que es produeixen en el nucli de un sistema i, explicar com es genera el seu comportament.



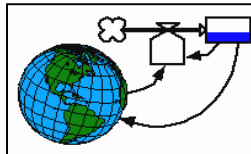
Definicions 3

- Martínez Silvio y Requena Alberto. “Simulación dinámica por ordenador” Alianza Editorial, Madrid, 1988.
- Es una metodologia **d'ús generalitzat** per modelar i estudiar el comportament de **qualsevol classe de sistemes** i el seu comportament a través del temps sempre que tingui **demores i bucles de retroalimentació**.

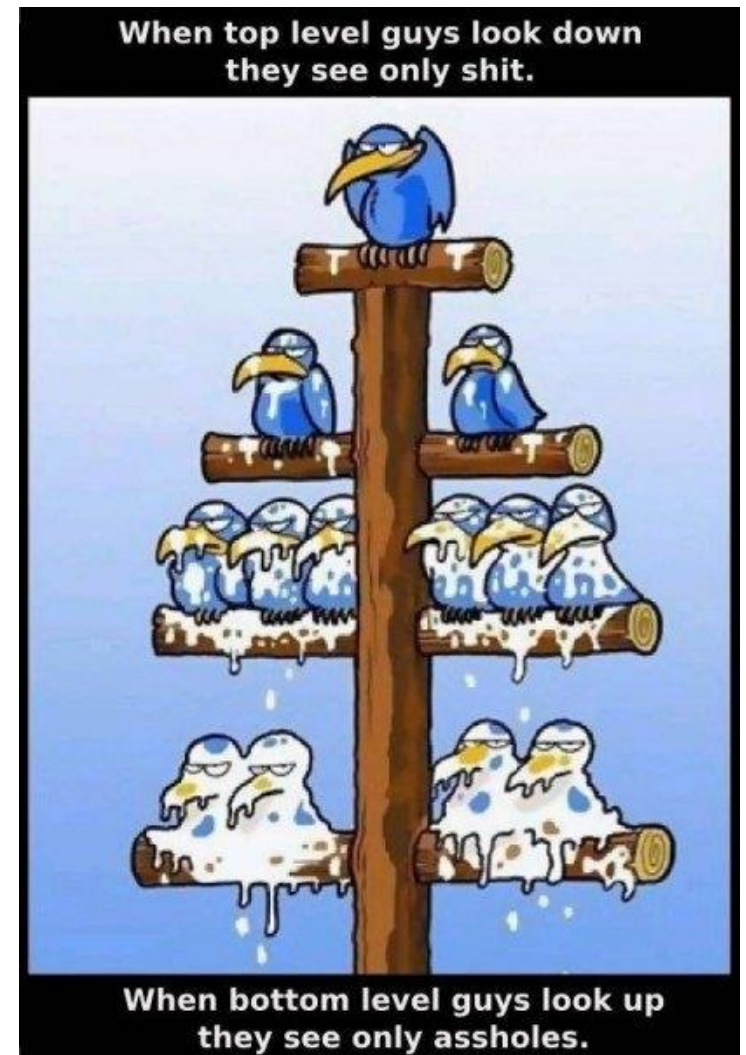


Pensament sistèmic

- Davant de una organització o sistema:
 - ▣ Es pot pensar que l'estructura de l'organització es l'organigrama.
 - ▣ Es pot pensar que l'estructura es el flux de informació de treball i els processos empresarials.
- En el **pensament sistèmic** l'estructura de l'organització o sistema es la configuració de interrelacions existents entre les components claus del sistema.

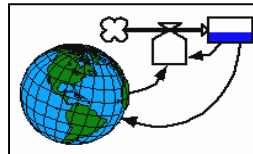


Una organització, dues visions



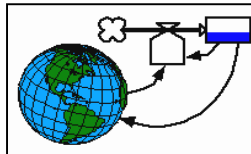
Models estàtics

- Els models estàtics descriuen un sistema, en termes de equacions matemàtiques, on el efecte potencial de cada alternativa es avaluada a través de equacions.
- La actuació del sistema es determinada sumant els efectes individuals.
- Els models estàtics ignoren les variacions en el temps.



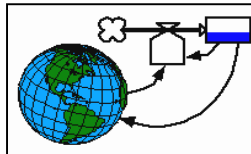
Models dinàmics

- Els models dinàmics son una representació de la conducta dinàmica del sistema.
- Mentre un model estàtic involucra l'aplicació de una sola equació, els models dinàmics, per altra banda, son reiteratius.
- Els models dinàmics constantment apliquen les seves equacions considerant canvis de temps.

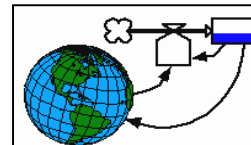
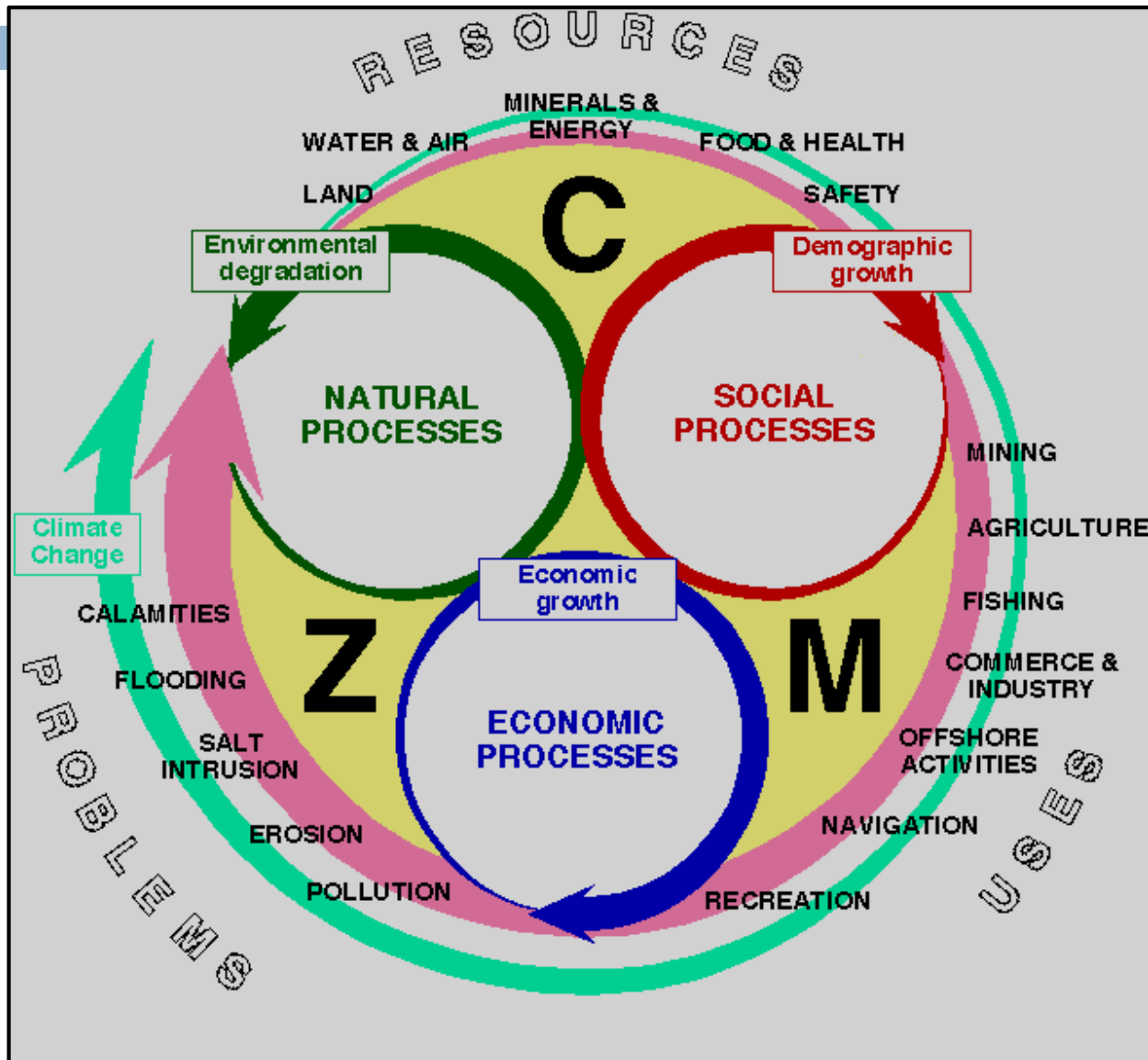


Models susceptibles

- Ecologia.
 - ▣ Ecosistemes.
 - ▣ Poblacions.
- Societat.
 - ▣ Creixement sostenible.
- Economia.

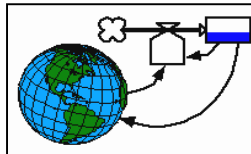


Models susceptibles

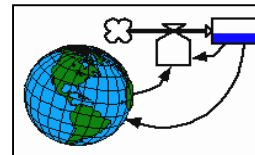
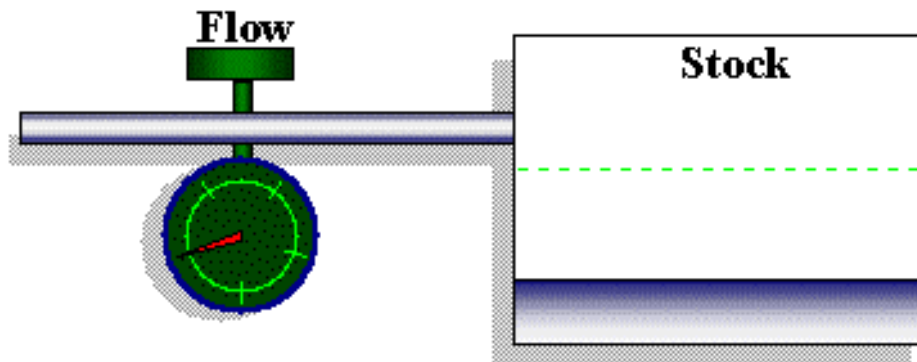


Esdeveniment continu

- La simulació contínua es anàloga a un dipòsit on el fluid que travessa la canonada es constant.
- El canvi de valors es basa directament en canvis de temps.

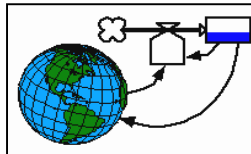


Esdeveniment continu



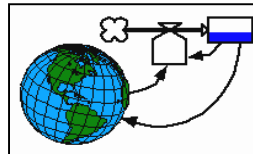
Diagrames (i)

- Diagrama causal.
 - ▣ Representa les variables del sistema.
 - ▣ Representa les seves relacions.
 - ▣ Representa els sentits dels seus bucles de retroalimentació.



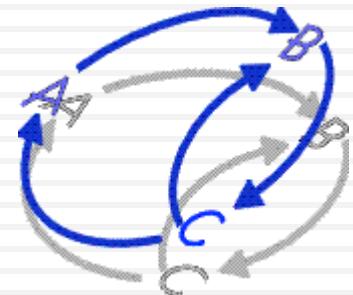
Diagrames (ii)

- Diagrama de fluxos:
 - ▣ També denominat diagrama de Forrester.
 - ▣ Característic de la dinàmica de sistemes.
 - ▣ Facilita l'escriptura de les equacions.
 - ▣ Bàsicament: Classificació dels elements del sistema.



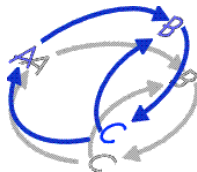
Diagrames Causals

Representant els conceptes i les seves relacions.



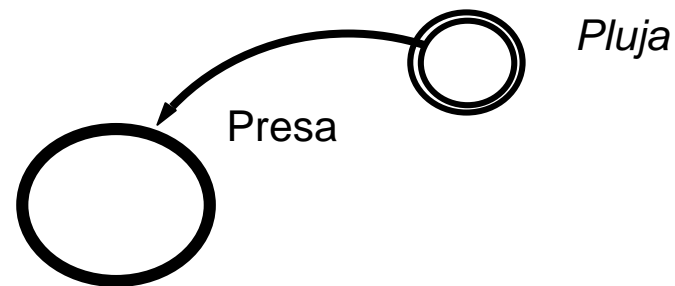
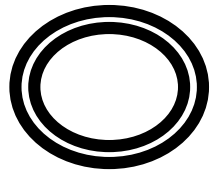
Parts de un diagrama causal

- Elements que es relacionen entre si:
 - ▣ Població
 - ▣ Fam
- Relations
 - ▣ **Positives:** un increment de a provoca un increment de B
 - ▣ **Negatives:** un increment de a provoca un decrement de B.
- Bucles
 - ▣ **Positiu:** Conté un nombre parell de relacions negatives
 - ▣ **Negatiu:** Conté un nombre senar de relacions negatives.

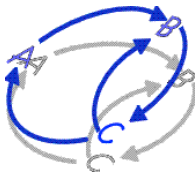
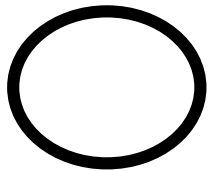


Tipus de variables

- Exògenes: Afecten al sistema però aquest no les modifica

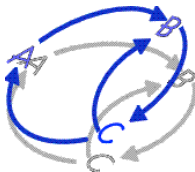


- Endògenes: Afecten al sistema i aquest les modifica



Relacions

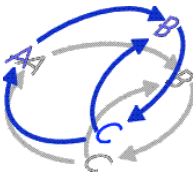
- Relació **causal**: un element A determina un element B amb una relació causa/efecte.
- Relació **correlativa**: existeix una relació entre un element A i B sense existir entre ells una relació causa/efecte.



Diagrames Causals

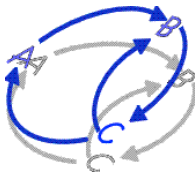
- Mostren el comportament del sistema.
- Permeten conèixer l'estructura de un sistema dinàmic, donat per l'especificació de les variables i la relació de cada parell de variables.

$A \rightarrow B$	A influeix a B
$A \rightarrow B +$	un augment en A correspon a un augment en B (relació positiva)
$A \rightarrow B -$	un augment de A correspon una disminució de B" (relació negativa)



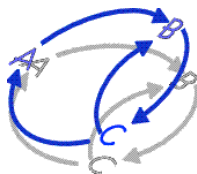
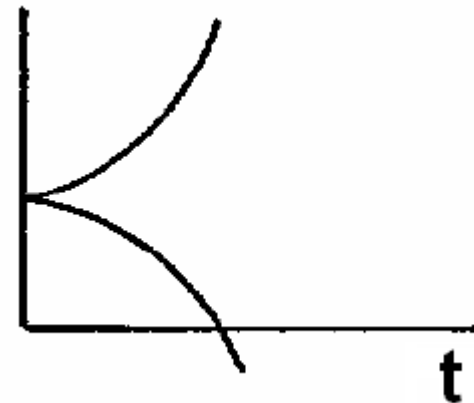
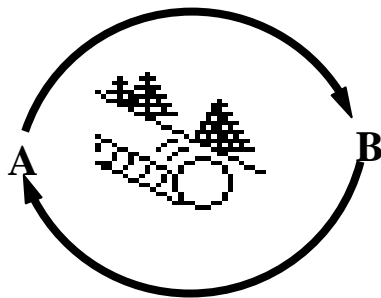
Bucles

- Únicament es poden donar dos casos:
 - ▣ Retroalimentació positiva
 - ▣ Retroalimentació negativa



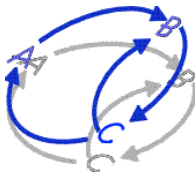
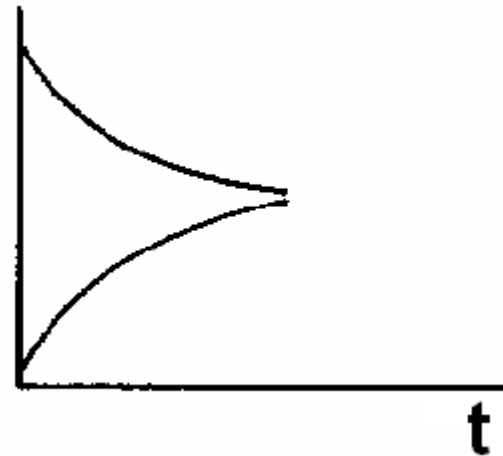
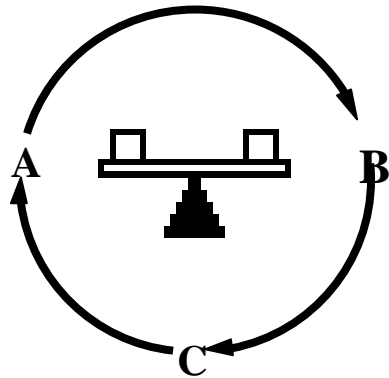
Retroalimentació positiva

- Son aquells bucles en els que la variació de un element reforça la variació inicial.
- Efecte bola de neu.
- Creen inestabilitat.



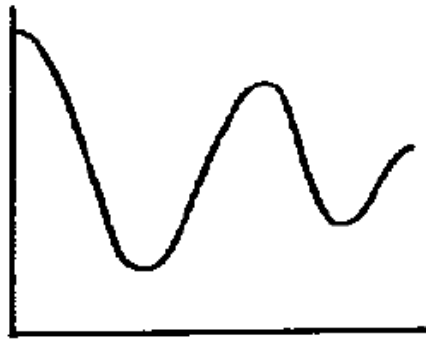
Retroalimentació negativa

- Son aquells bucles en els que la variació de un element del bucle es propaga de forma que contraresta la variació inicial.
- Tendeix a crear equilibri.

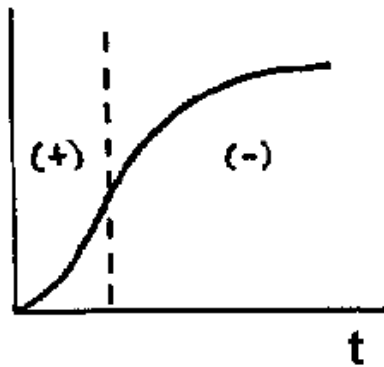


Combinació de bucles

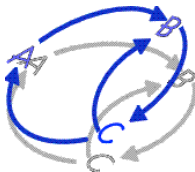
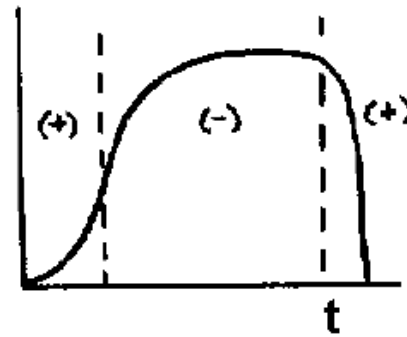
ESTABLE OSCILANTE



EN S

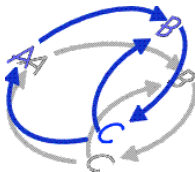


CICLO DE VIDA DE UN PRODUCTO

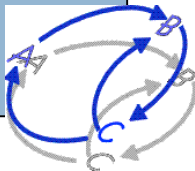


Construcció d'un diagrama causal

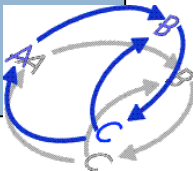
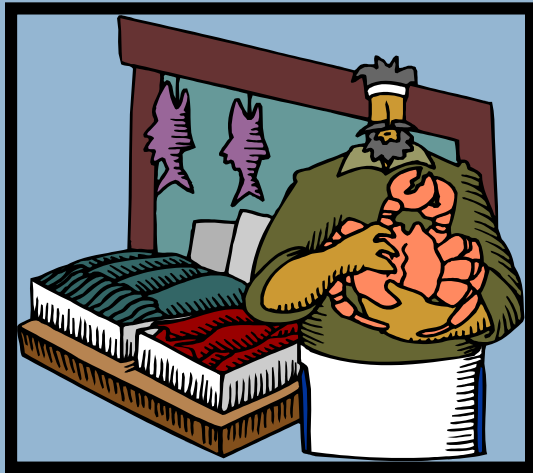
- Definir els elements del diagrama causal com quantitats que poden augmentar o disminuir.
 - ▣ Definir clarament els elements amb noms, els verbs son les accions.
 - No aptitud cap el delicte, sinó tolerància cap el delicte.
- Definir les unitats pels elements
- Definir els elements positivament
- Desagregar les relacions si el seu significat es complex.



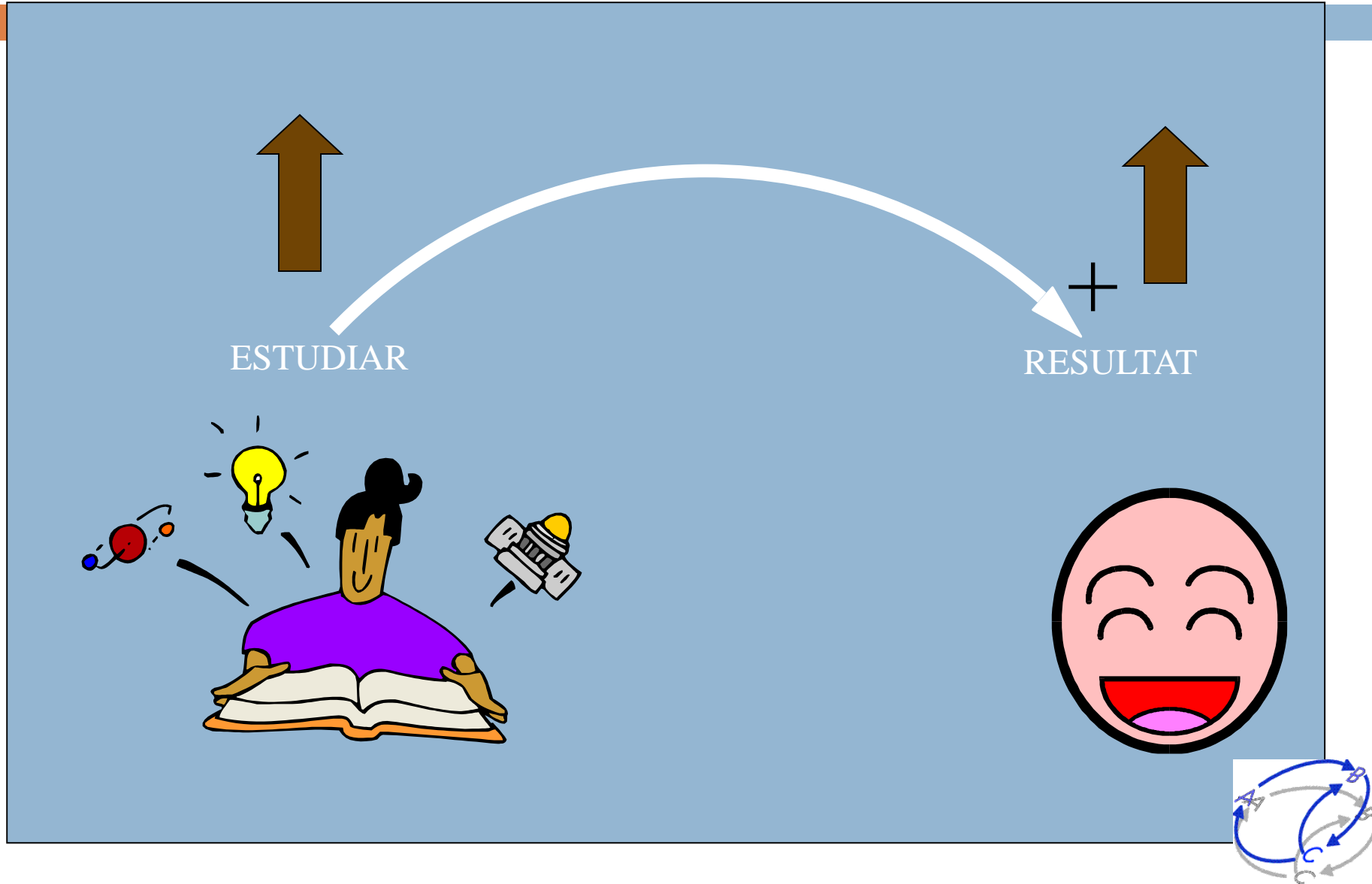
Exemple 1



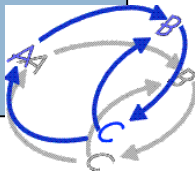
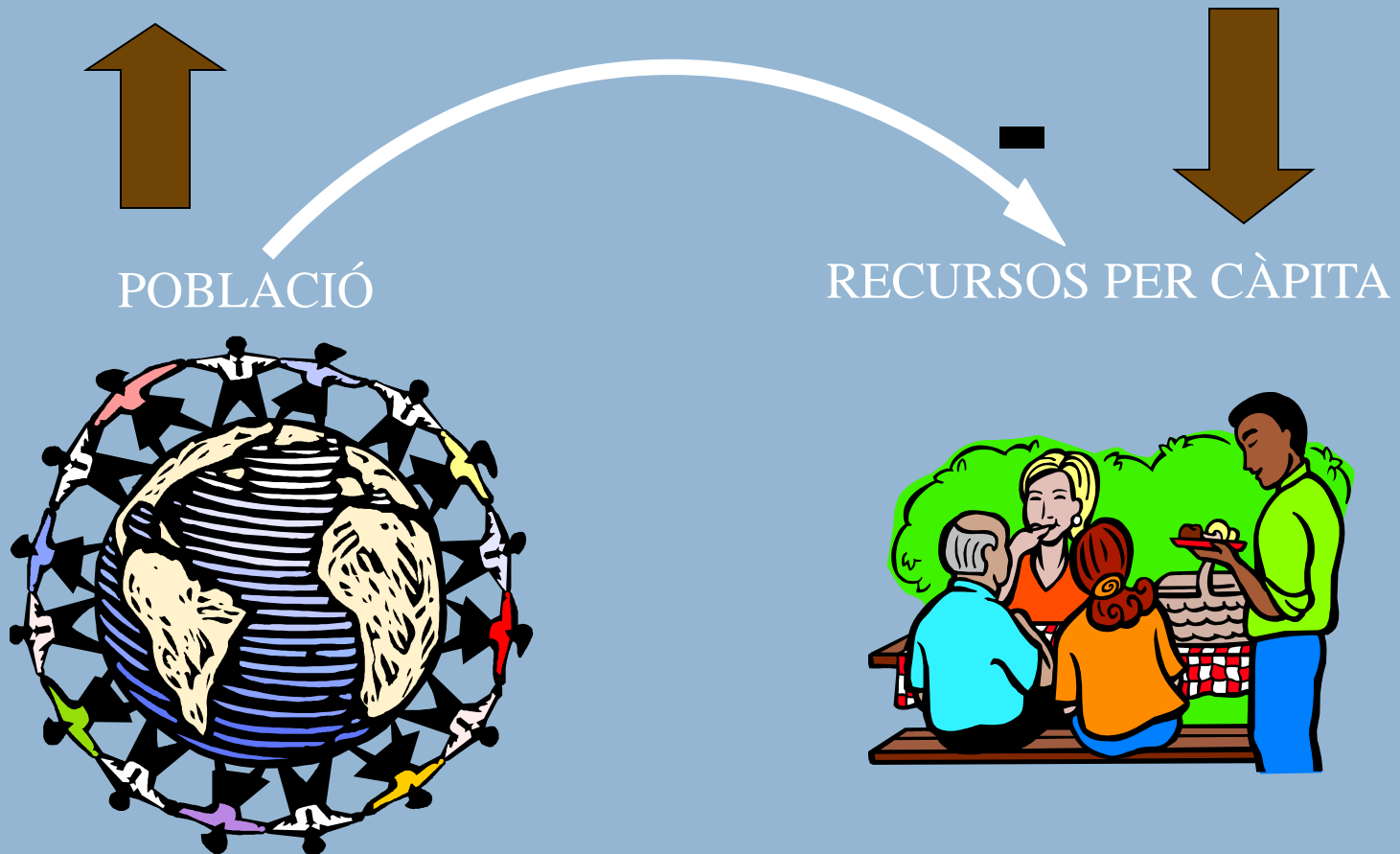
Exemple 2



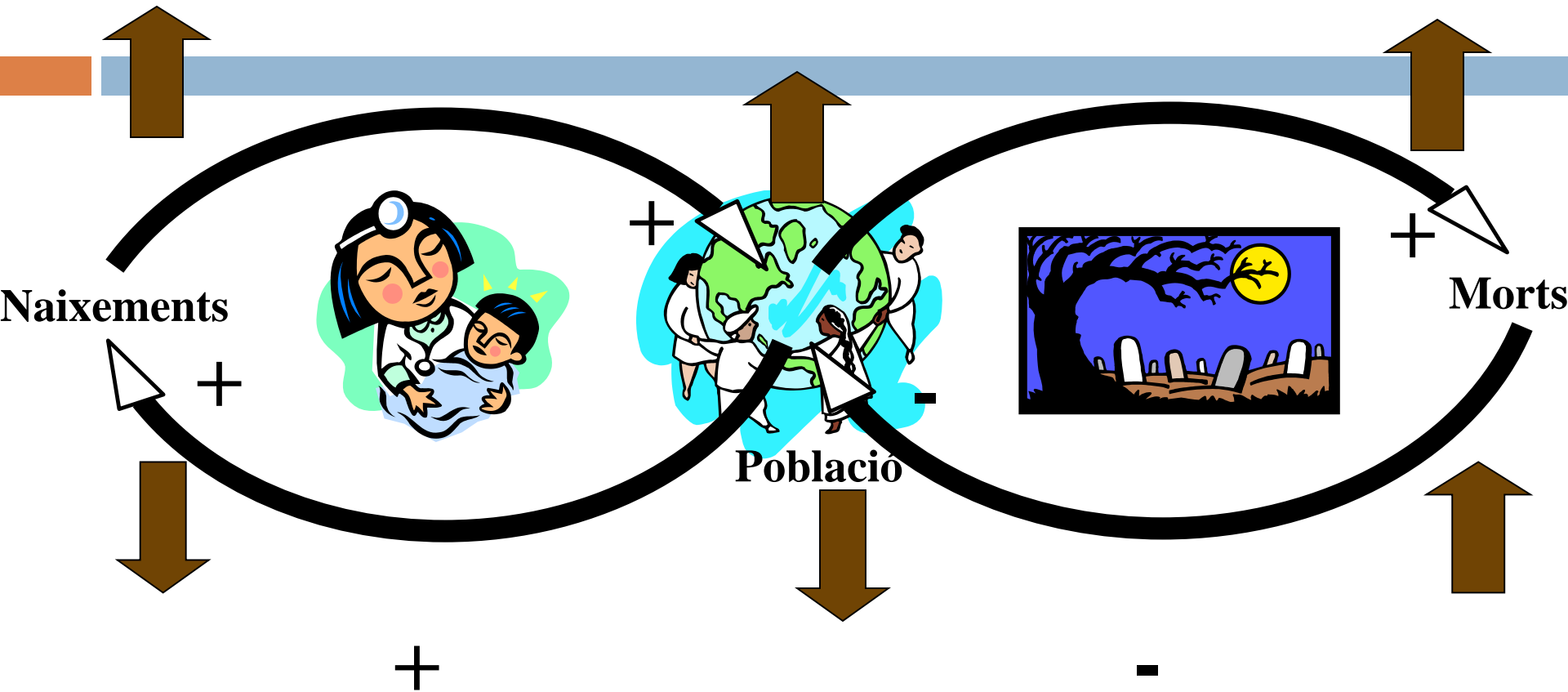
Exemple 3



Exemple 4



Exemple 5



Exemple 6

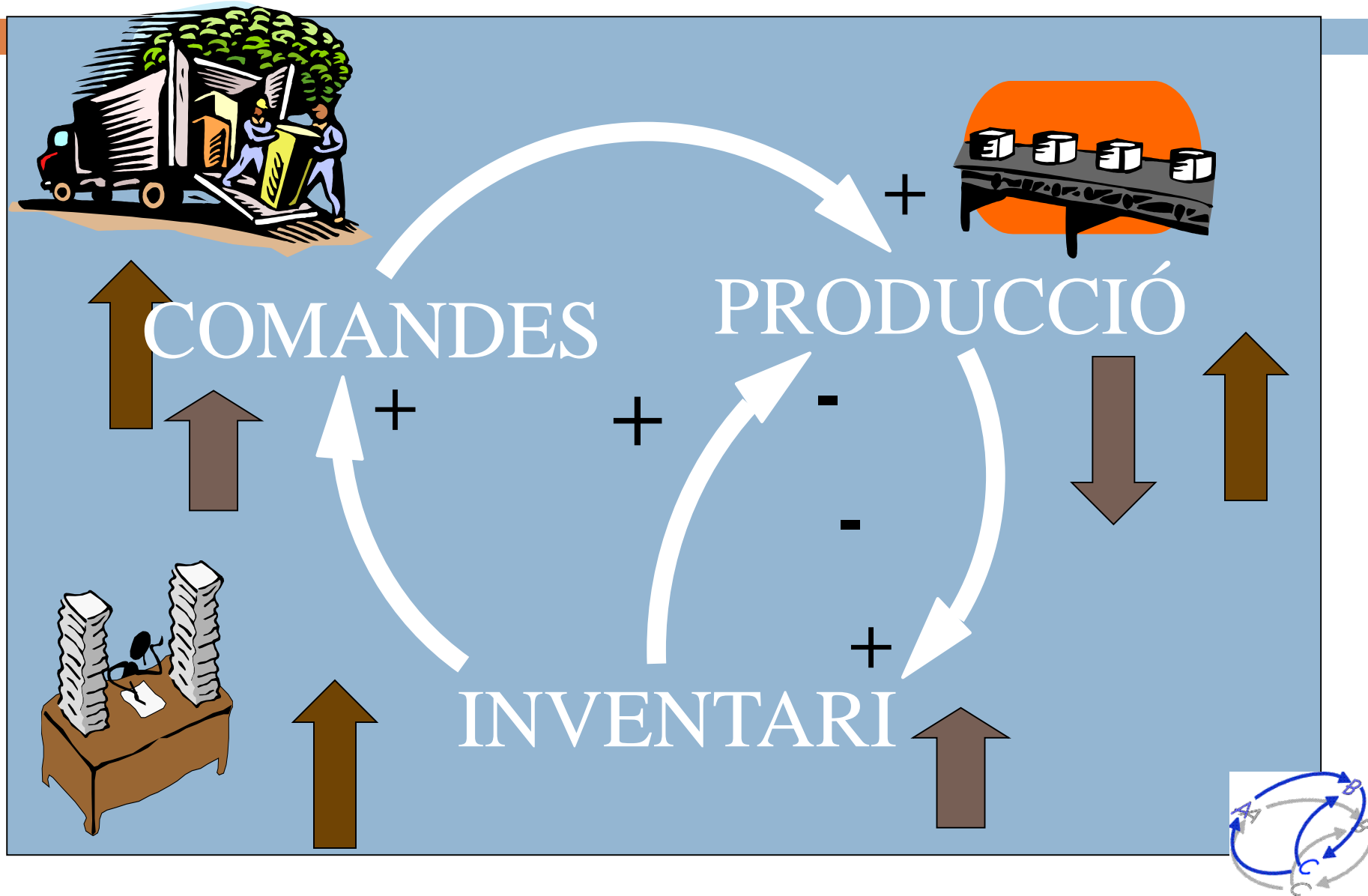


Diagrama causal (Cercant l'estabilitat)

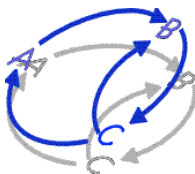
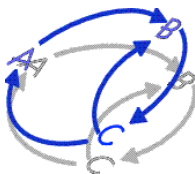
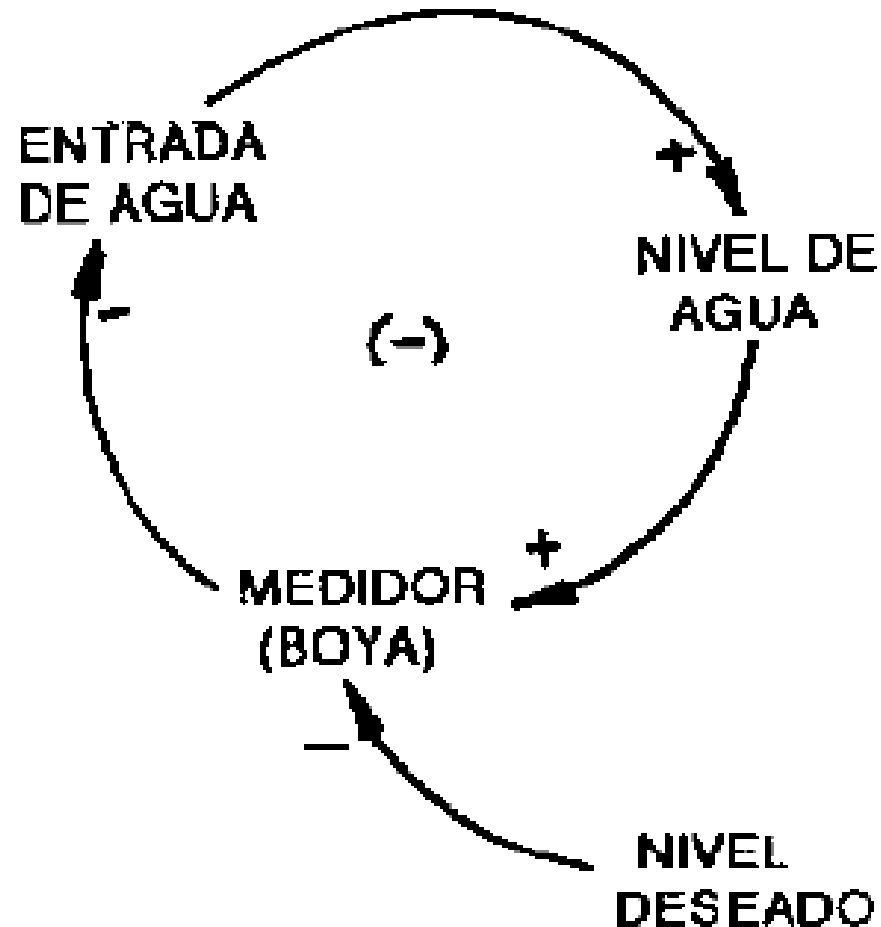


Diagrama causal (Cisterna)

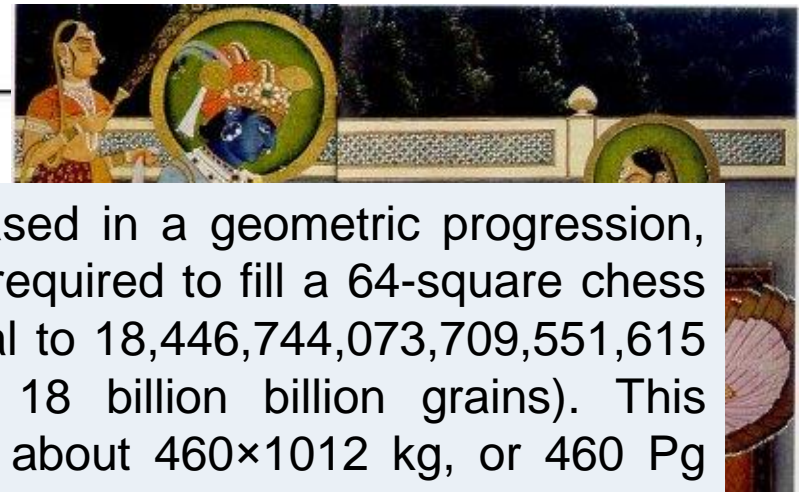


Els bucles de retroalimentació...

- El creixement i la Legenda de Ambalappuzha Paal Paayasam

•	••	•••	••••	•••••	••••••	•••••••	128
256	512	1,024	2,048	4,096	8,192	16,384	32,868
64K	128K	256K	512K	1M	2M	4M	8M
16M	32M	64M	128M	256M	512M	1G	2G
4G	8G	16G	32G	64G	128G	256G	512G

The number of grains increased in a geometric progression, and the total amount of rice required to fill a 64-square chess board is $2^{64}-1$, which is equal to 18,446,744,073,709,551,615 grains (about 18×10^{18} , or 18 billion billion grains). This amount of rice would weigh about 460×10^{12} kg, or 460 Pg (petagrams), or 460 billion tonnes (assuming that 1,000 grains of rice weigh about 25g). This amount of rice would also cover the surface of India two meters deep



The singularity

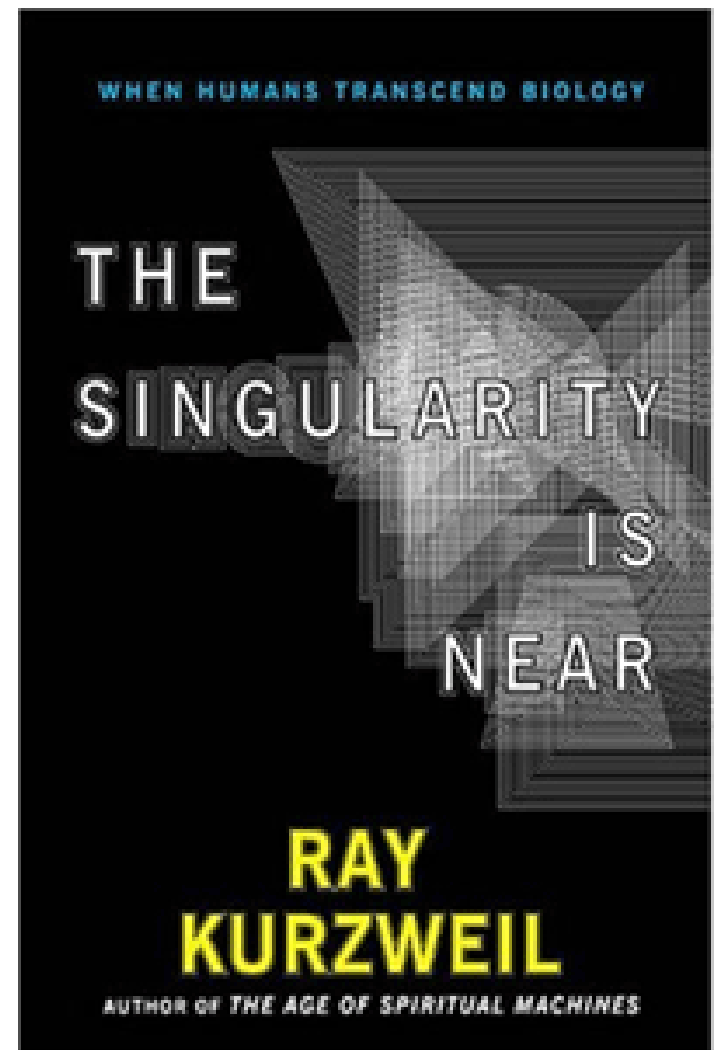
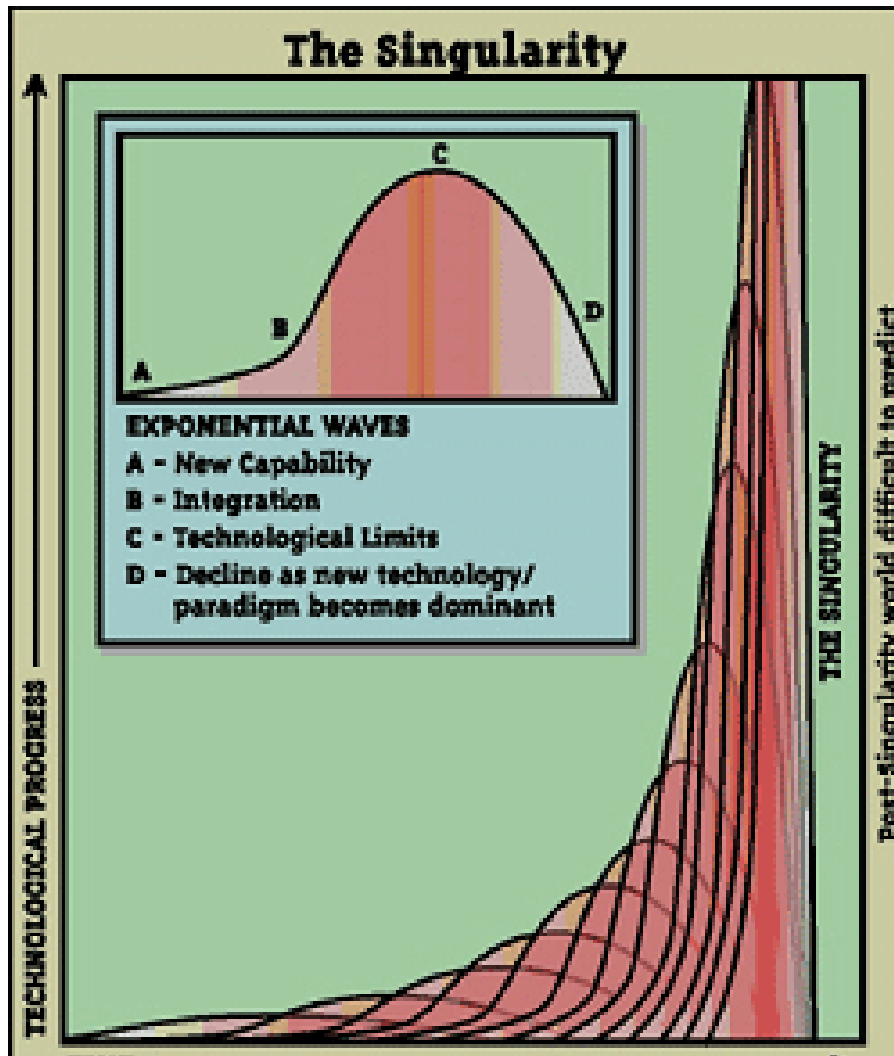
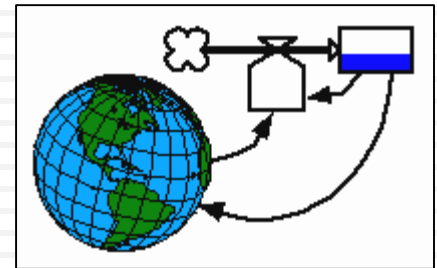


Diagrama de fluxos

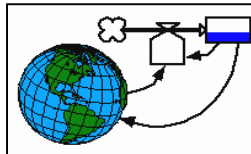
Definir les equacions diferencials del model.

Es plantegen a partir dels diagrames causals.



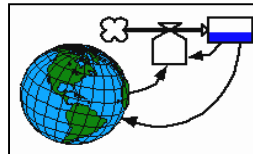
Exemples d'equacions

- $NIV(t+\Delta t) = NIV(t) + \Delta t * (FENT - FSAL)$
- $NIV(t+\Delta t)$: Nivell en el instant $t+\Delta t$.
- $NIV(t)$: Nivell en el instant t .
- FENT: Funció d'entrada.
- FSAL: Funció de sortida.



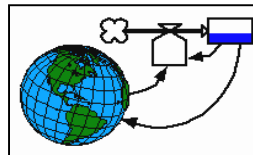
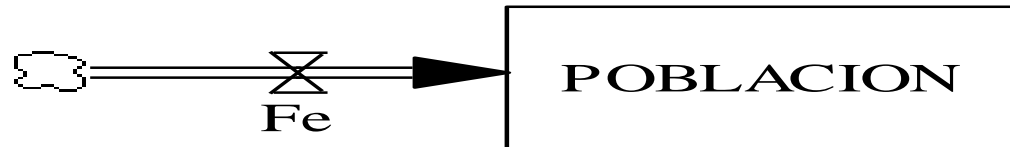
Elements de un diagrama de Fluxos

- **Nivells:** Descriuen en cada instant la situació del sistema.
- **Fluxos:** Funcions temporals, determinen les variacions dels nivells.
- **Variables auxiliars i constants:** paràmetres que permeten una millor visualització dels aspectes que condicionen el comportament dels fluxos.
- **Canals de materials:** Transmeten les magnituds físiques entre els fluxos i els nivells.
- **Canals de informació:** Transmeten informació, que per la seva natura no es conserva.
 - ▣ DELAY1, DELAY3: Retards en la transmissió de materials.
 - ▣ SMOOTH, DLINF: Retards en la transmissió de informació.



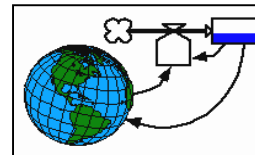
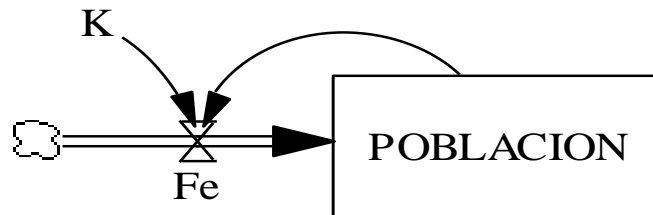
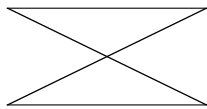
Nivells

- Anomenats també acumulacions o variables d'estat.
- Els nivells varien a través de un període de temps en funció dels fluxos i variables auxiliars.
- Representació matemàtica: $N(t+dt) = N_0 + dt[(Fe(t))]$



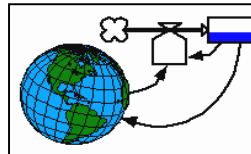
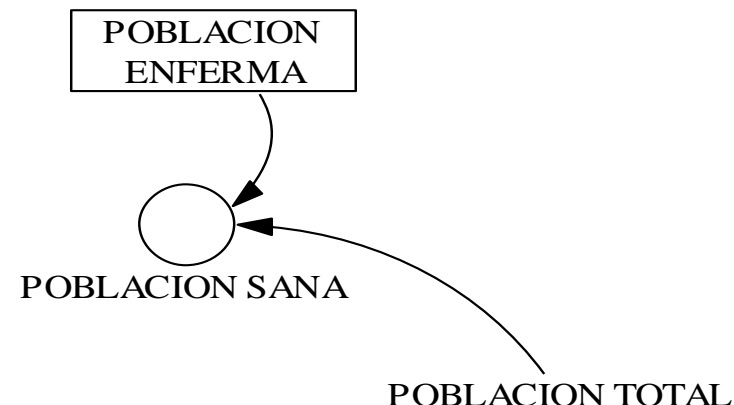
Fluxos

- Els fluxos o vàlvules son variables que estan connectades a una canonada i son les que fan que un nivell creixi o disminueixi en valor.
- Els fluxos transporten “matèria”.
- Representació matemàtica:
 - ▣ $Fe(t) = N(t) * K$



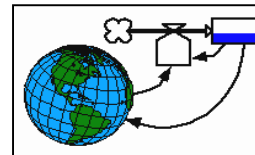
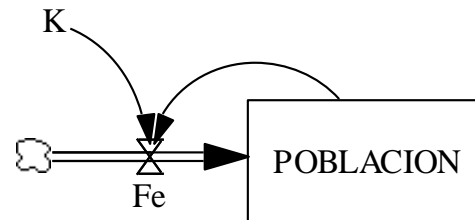
Variables auxiliars

- Una variable auxiliar es aquella que desenvolupa càlculs auxiliars i dotar al model de major claredat.
- Es millor emprar fluxos per modificar el valor d'un nivell.
- Representació matemàtica: $PS(t) = PT - PE(t)$



Constants

- Les constants son valors que no es modifiquen durant l'evolució del model.
- Representació matemàtica:
 - ▣ $K = 20\%/any$
 - ▣ $Fe(t) = N(t) * K$



Fletxes

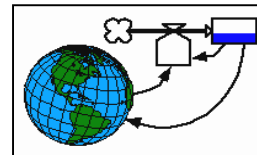
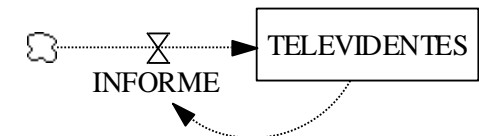
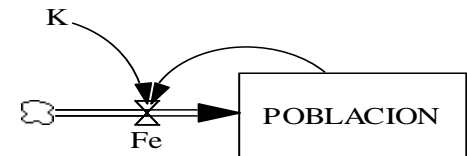
- Les fletxes relacionen a unes variables amb altres i representen les relacions causals que existeixen.
- Representen la transmissió:
 - ▣ Informació entre variables
 - ▣ Material entre nivells



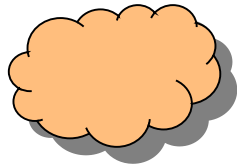
FLUX DE MATERIAL



FLUX D'INFORMACIÓ



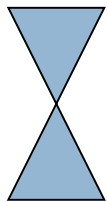
Elements de un diagrama de fluxos



Sistema no estudiat.



Nivell



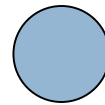
Flux



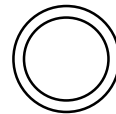
Canal de matèria



Canal de informació



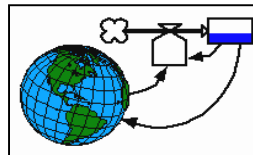
Variable auxiliar



Variable exògena

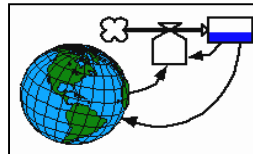


Relació no lineal



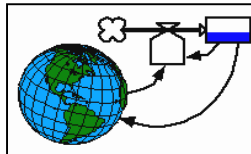
Construcció de un diagrama de fluxos

- Cal determinar quins elements son nivells:
 - ▣ Les variables del sistema acostumen a ser nivells.
- Els fluxos fan variar els nivells:
 - ▣ Naixements, morts, etc...



Aleatorietat

- Podem introduir paràmetres aleatoris a les equacions.
 - ▣ Augmenta molt el temps de càlcul.
 - ▣ Actualment la potència dels ordinadors permet realitzar operacions cada cop més complexes.



Fases per a la construcció de un model

□ CONCEPTUALITZACIÓ

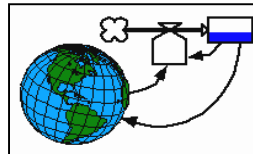
1. Descripció “informal” del sistema.
2. Definició precisa del model en el temps.
3. Diagrama causal.

□ FORMULACIÓ

1. Construcció del diagrama de Forrester.
2. Establiment de les equacions per la simulació.

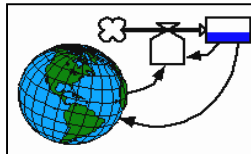
□ ANÀLISIS I AVALUACIÓ

1. Anàlisi del model (comparació, anàlisi de sensibilitat, anàlisi de polítiques)
2. Avaluació, comunicació implementació dels resultats.



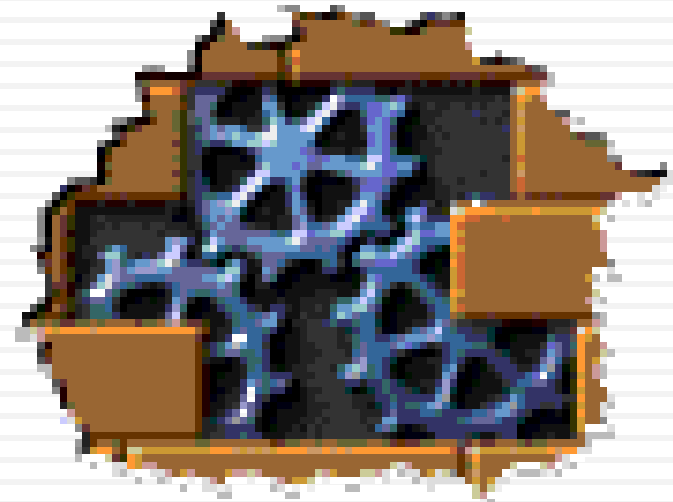
Recomanacions

- **Nivell d'agregació.**
 - ▣ Començar amb un alt nivell d'agregació.
 - ▣ El grau d'agregació en funció de l'experiència.
- **Classificar els models.**
- **Estimar els paràmetres.**
- **Usar l'opinió dels experts.**



Exemples i tipologia de models

Simplificar la construcció de models.

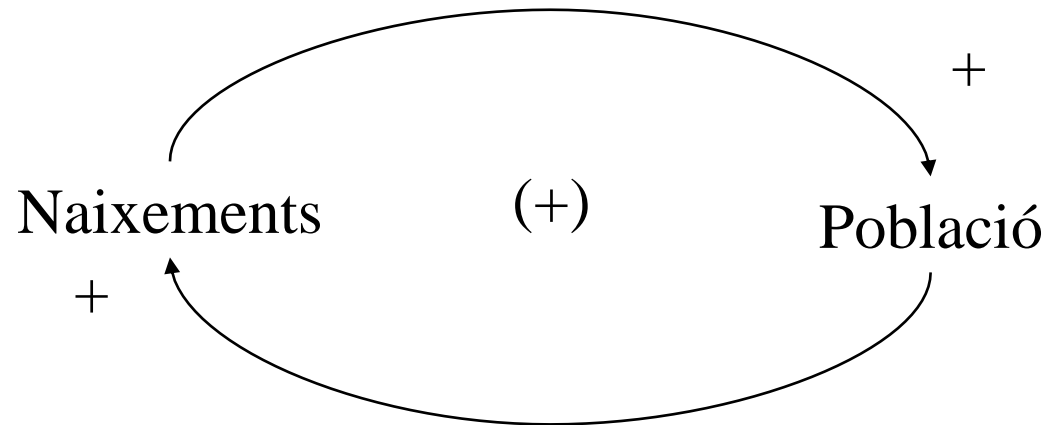


Exemple

- Tenim una determinada població N
- Tenim una taxa de naixements
- Volem estudiar l'evolució de la població en funció d'aquests paràmetres.

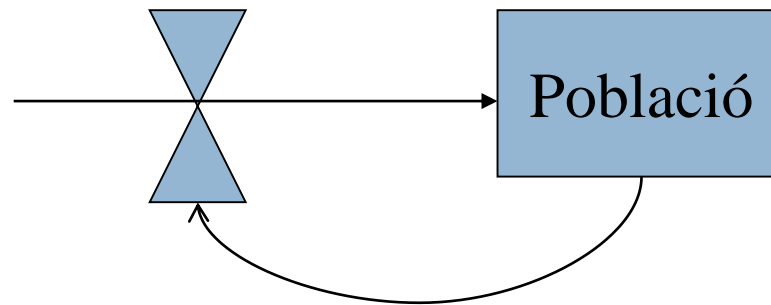


Exemple (I): Diagrama Causal



Exemple (I): Diagrama de Forrester

- El diagrama de Forrester es:

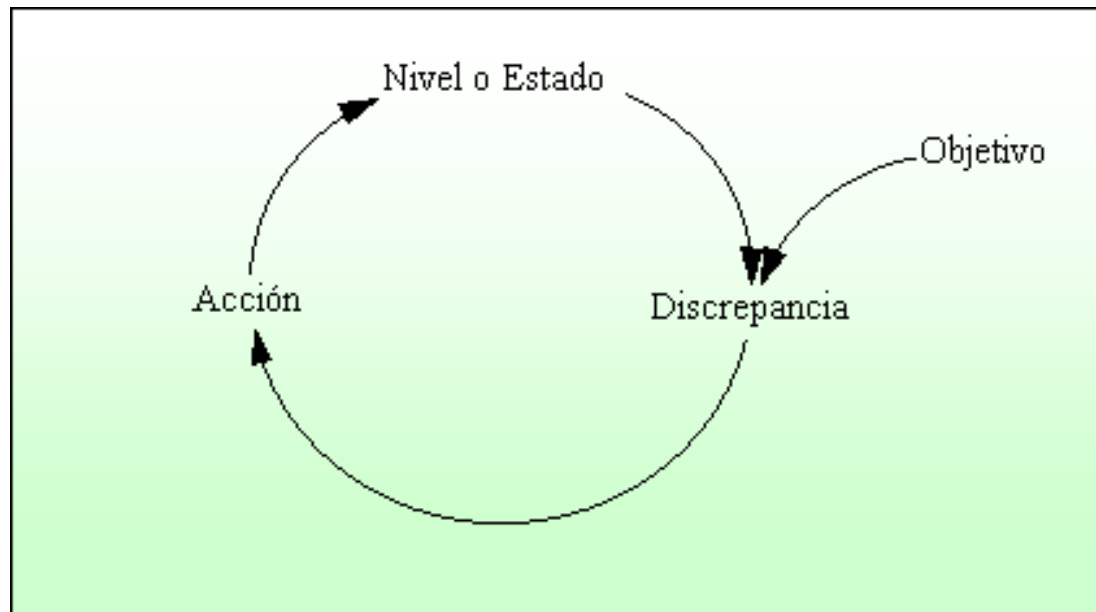


- Les equacions diferencials són:
 - ▣ $Població = Població + N dt$



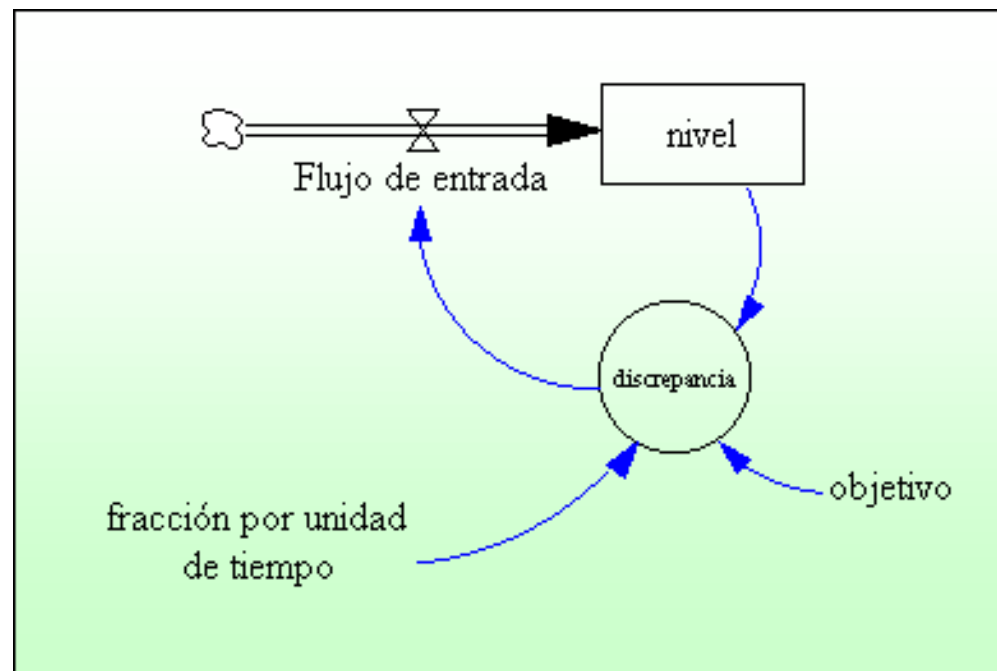
Sistema amb retroalimentació negativa (causal)

- Son sistemes que s'autoregulen
- S'anomenen homeostàtics
- Es defineix un objectiu: variable exògena



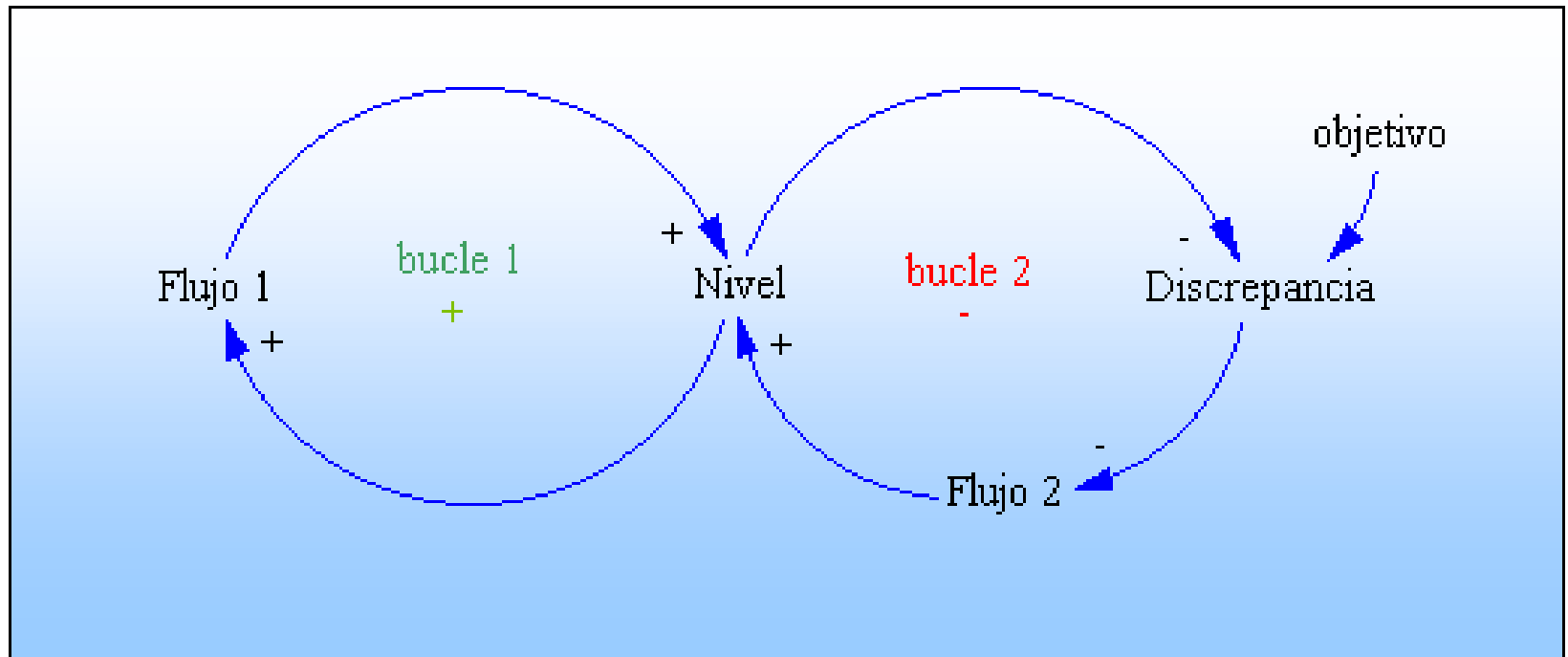
Sistema retroalimentació negativa (Forrester)

- Cal una variable auxiliar per definir el diagrama de Forrester

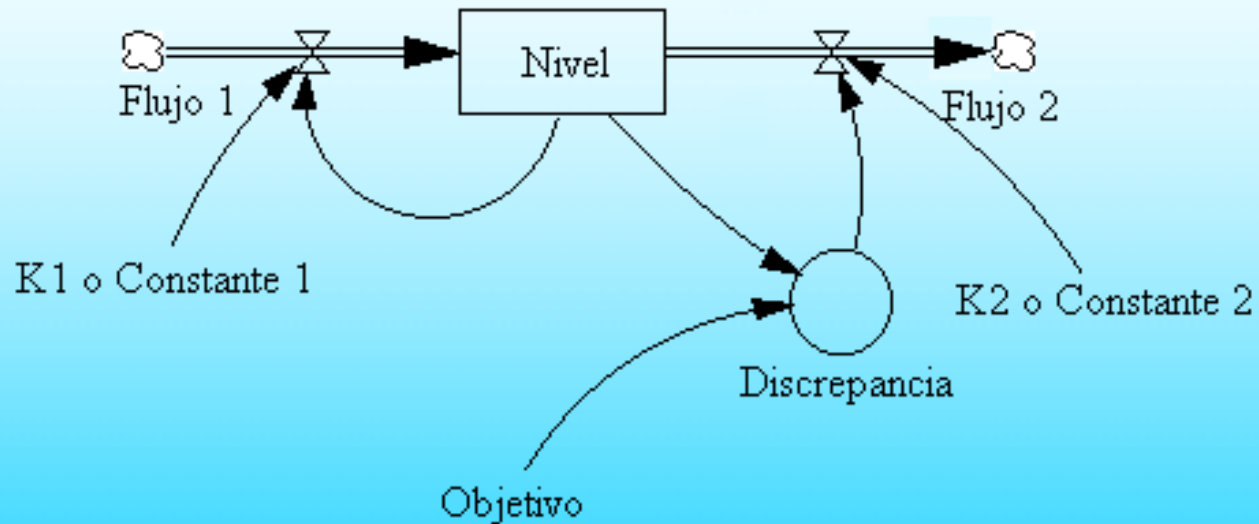


Sistema amb doble retroalimentació:

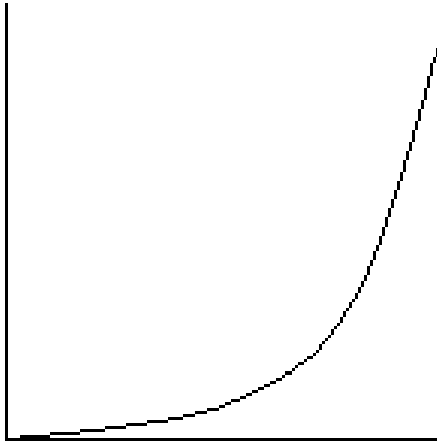
Diagrama Causal



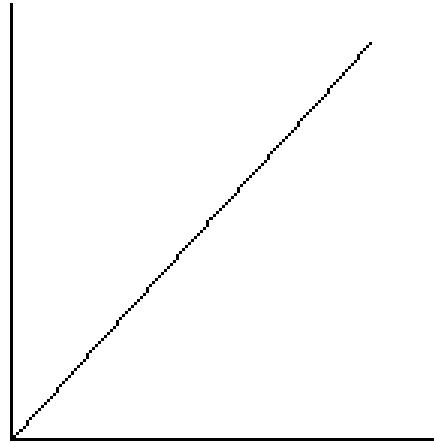
Sistema amb doble retroalimentació: Diagrama de Forrester



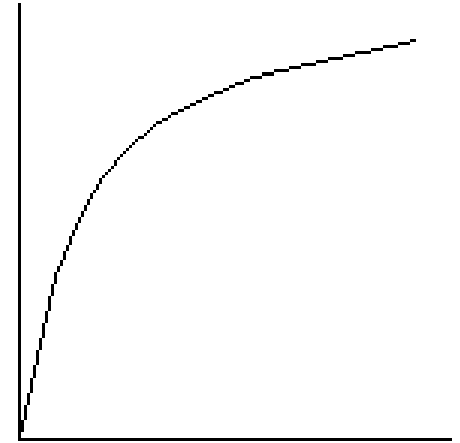
Sistema amb doble retroalimentació



Exponencial
 $K1 > K2$



Creixent
 $K1 = K2$



Asimptòtica
 $K1 < K2$



Sistemes de creixement en S

- Règim transitori en dues fases
 - ▣ Creixement exponencial.
 - Provocat per la retroalimentació positiva.
 - ▣ Decreixement asimptòtic.
 - Provocat per la retroalimentació negativa.
- Al final s'estabilitza (el creixement exponencial sostingut no existeix en el mon real).



Sistemes de creixement en S

□ Exemples:

- ▣ Estudis ecològics
- ▣ Àrees socials
- ▣ Rumors
- ▣ Epidèmies
- ▣ Creixement cel·lular de una planta
- ▣ La saturació del mercat
- ▣ La religió
- ▣ La difusió de una moda
- ▣ El desenvolupament físic i mental de un nen
- ▣ La urbanització de una determinada àrea

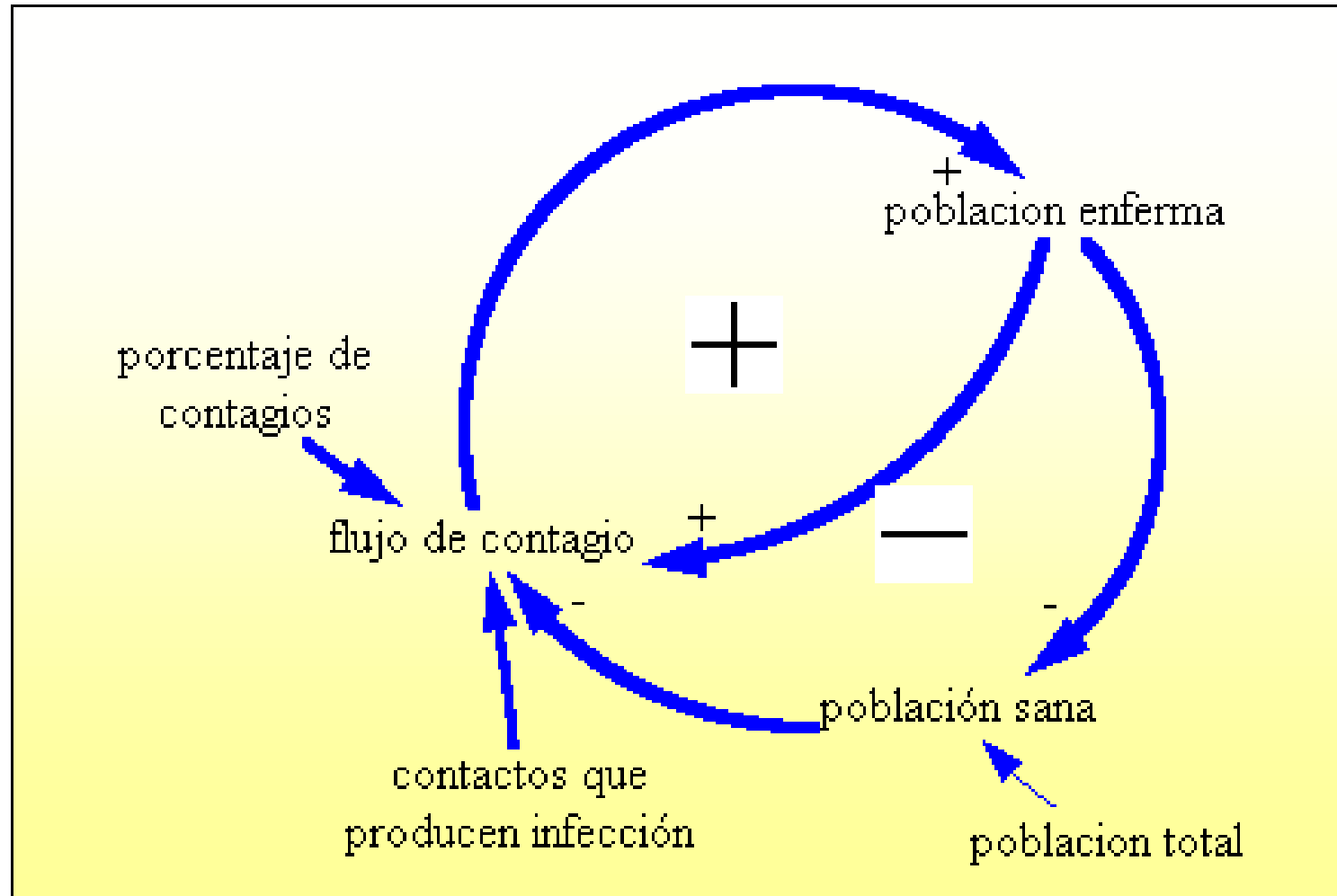


Sistemes de creixement en S

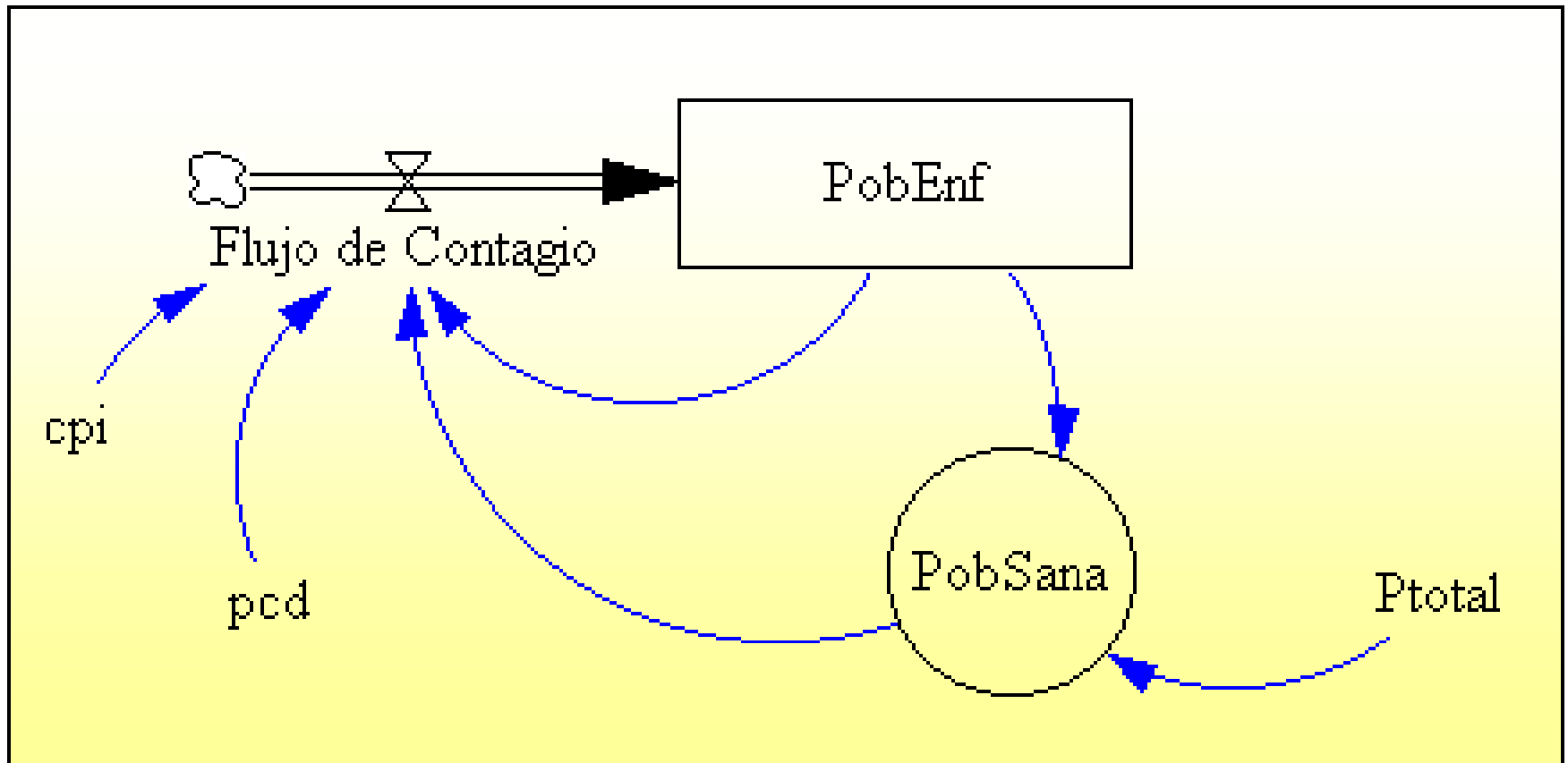
- Exemple d'epidèmia; hipòtesis
 1. La població es constant.
 2. La malaltia es lo suficientment suau per tal que els malalts no deixin de fer vida “normal” i no es guareixen durant el període de l'epidèmia. Amb això s'evita la reinfecció.
 3. La població malalta i la sana es troben homogèniament barrejades.



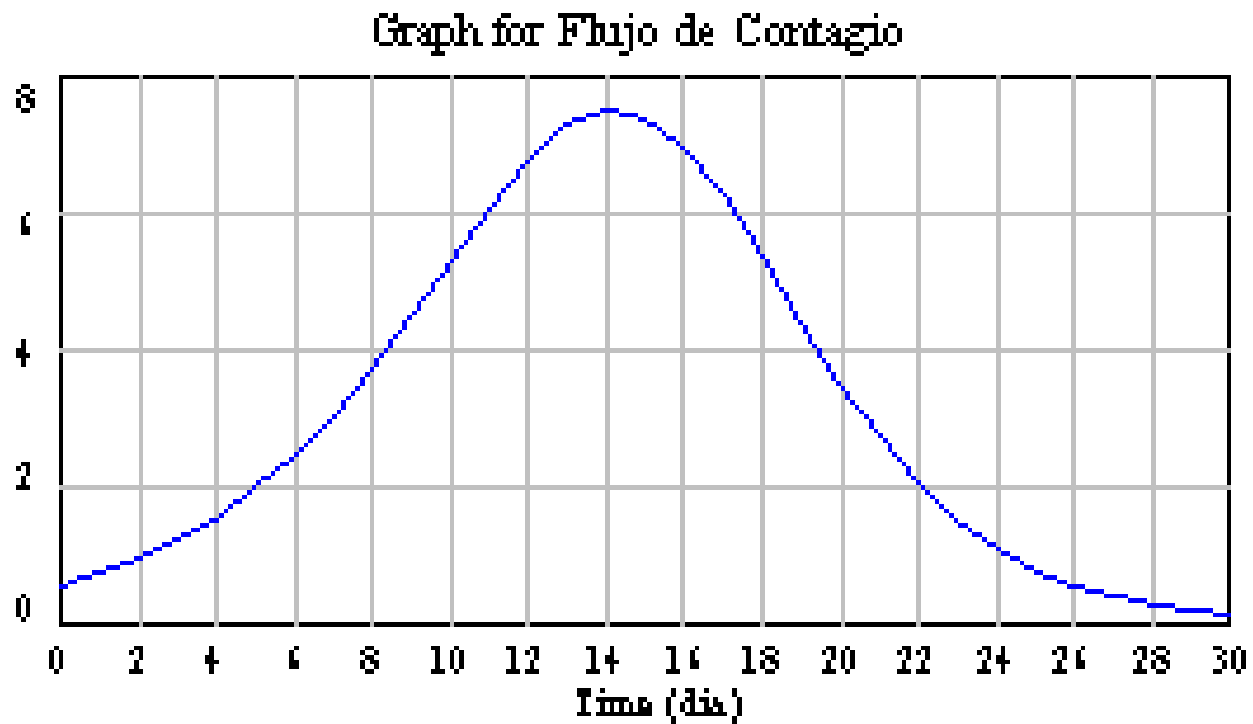
Sistemas de creixement en S



Sistemas de creixement en S



Sistemas de creixement en S

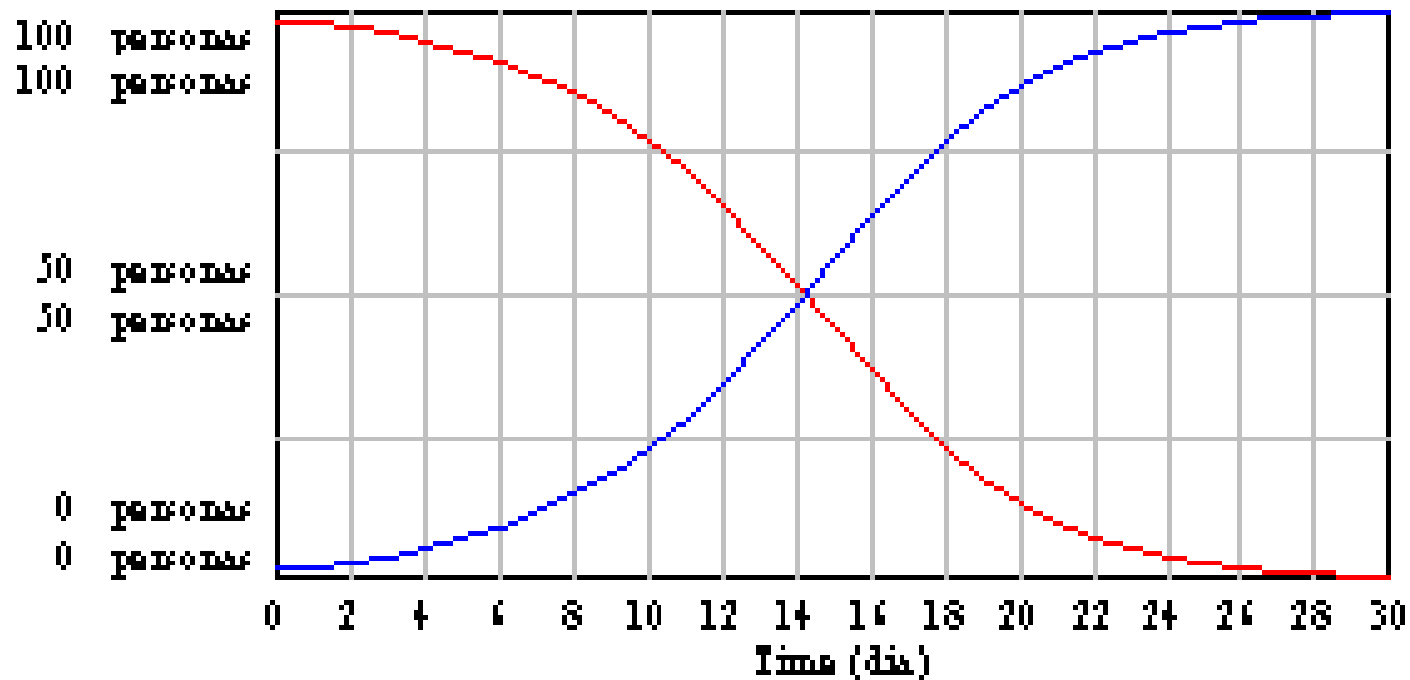


Flujo de Contagio : ENFERMOS  personas/dia



Sistemas de creixement en S

Simulació de la població sana Vs. població enferma



PobEnf : ENFERMOS ————— personas
PobSana : ENFERMOS ————— personas

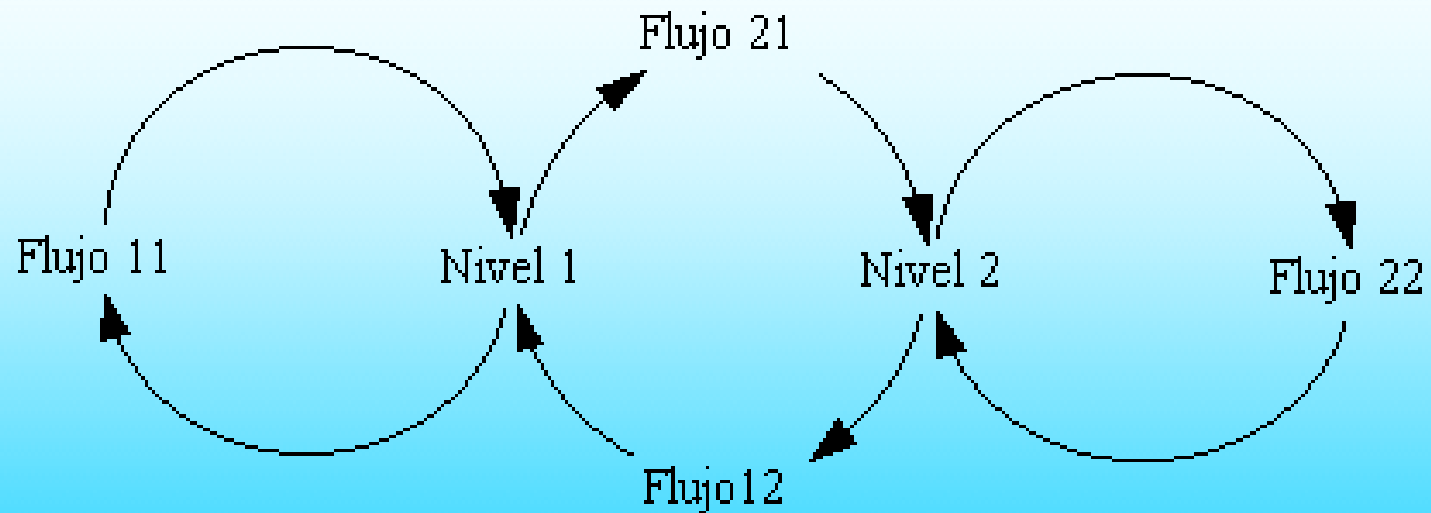


Sistemes dinàmics de segon ordre

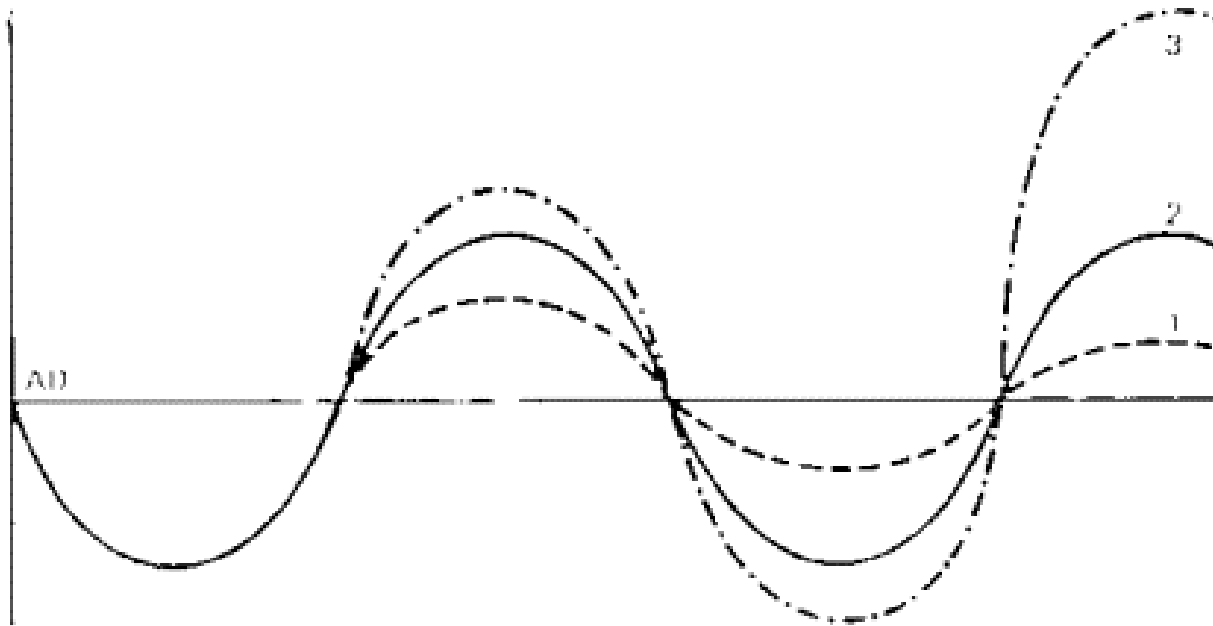
- Tenen dos nivells en la seva estructura.
- Nivells immersos en un nombre de fins a tres bucles retroalimentats.
 - ▣ Un bucle principal: connecta els dos nivells.
 - ▣ Dos bucles secundaris: connecten els nivells amb si mateixos.
- Presenten oscil·lacions.



Sistemas dinàmics de segon ordre



Sistemes dinàmics de segon ordre



- (1) Amortides
- (2) Mantingudes
- (3) Creixents

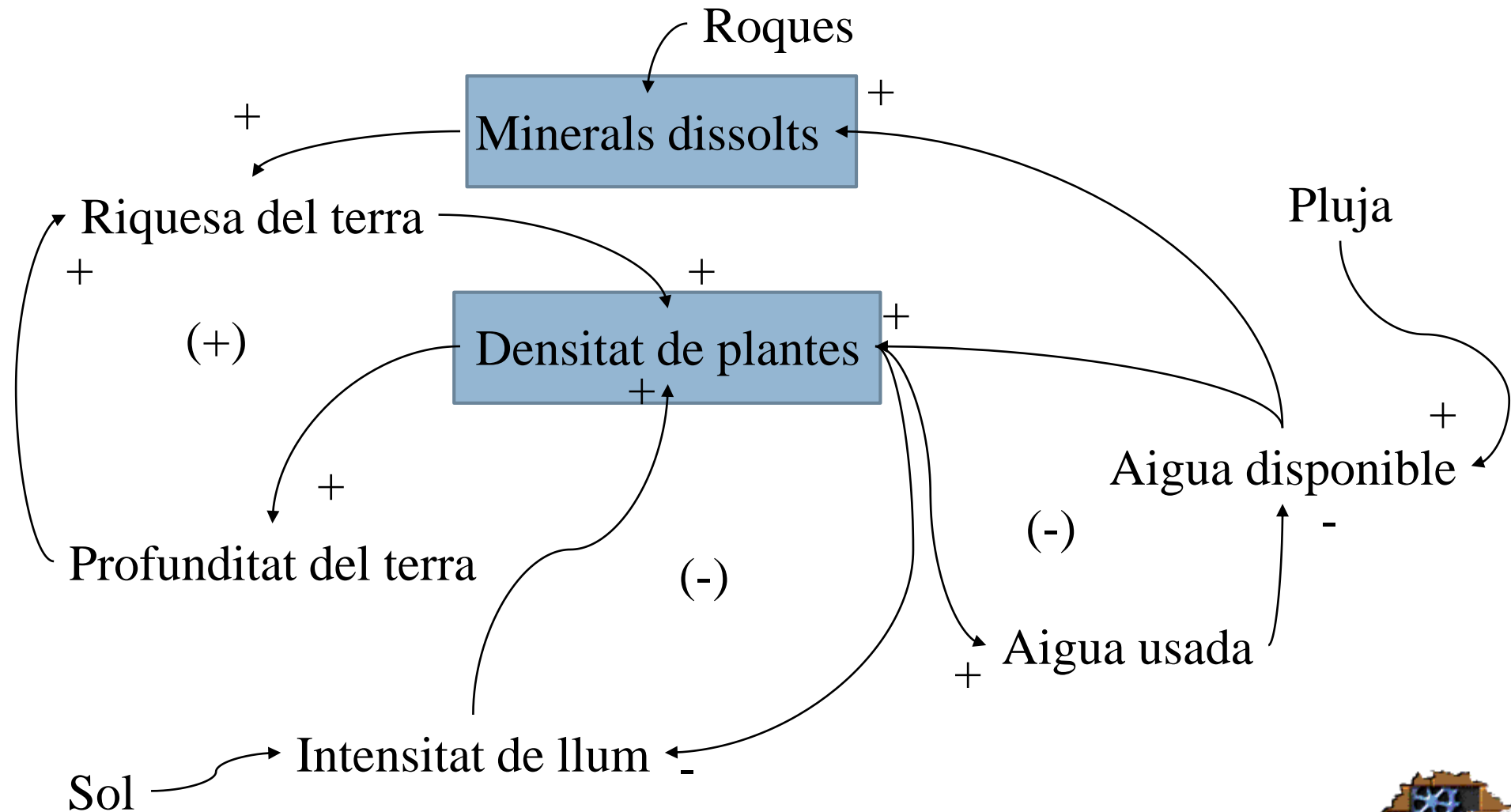


Exemple: Minerals

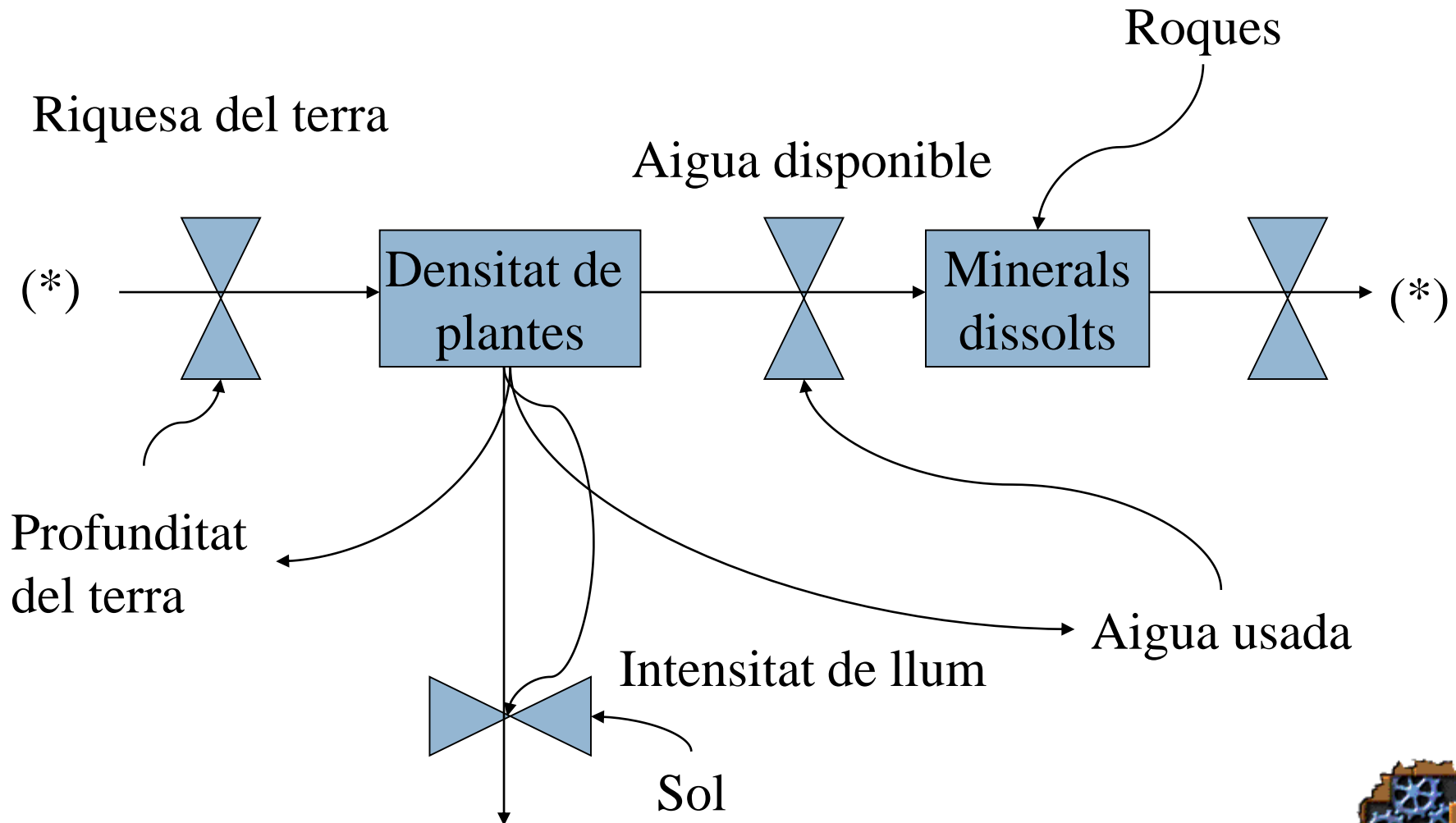
- Es vol veure l'evolució dels minerals dissolts i de les plantes en una àrea concreta.
 - ▣ Els minerals depenen directament de la quantitat de roques.
 - ▣ La quantitat de plantes depèn de la riquesa del terra, de la llum solar i de l'aigua.
 - ▣ Les plantes augmenten la profunditat de la terra, i això augmenta la riquesa del terra.
 - ▣ L'aigua depèn de la pluja.



Exemple Minerals: Diagrama Causal



Exemple minerals: Diagrama de Forrester

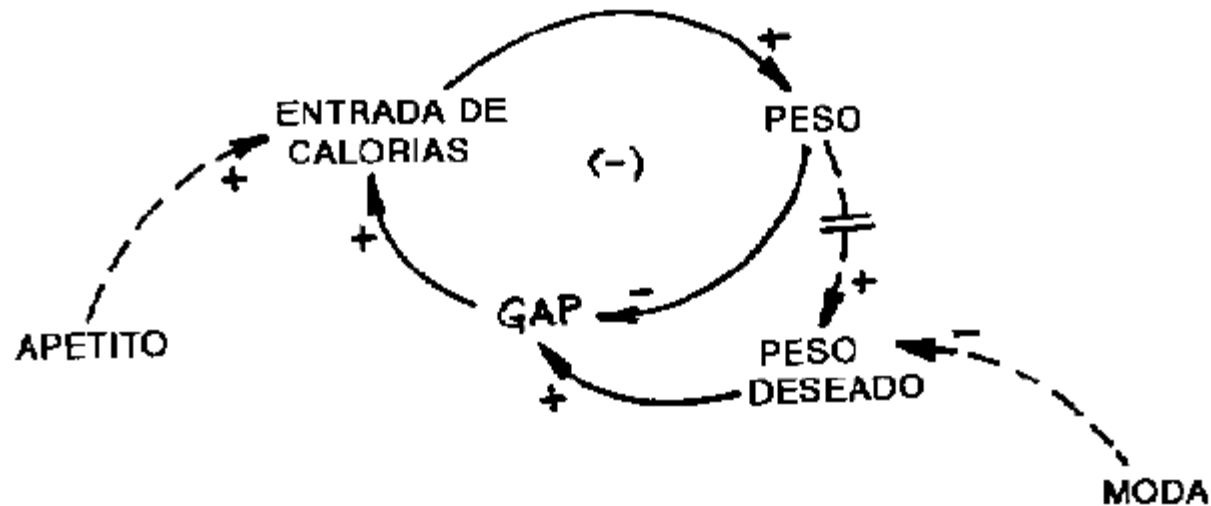


Patologies en sistemes

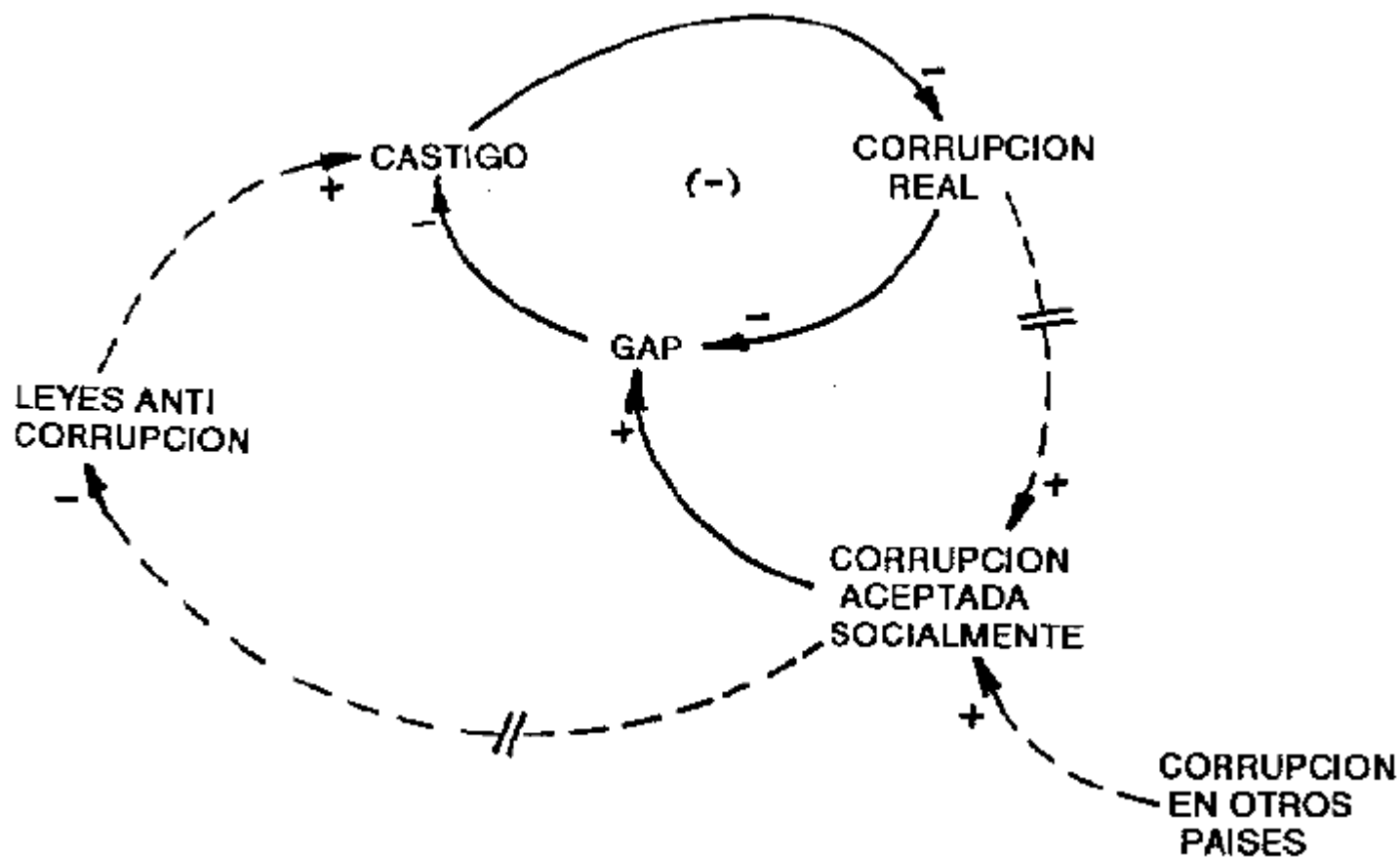
- Resistència al canvi: Tot sistema es resisteix a canviar.
- Erosió d'objectius: Cada cop els objectius es relaxen més.
- Addicció: necessitem de un factor correctiu extern.
- Efectes secundaris.



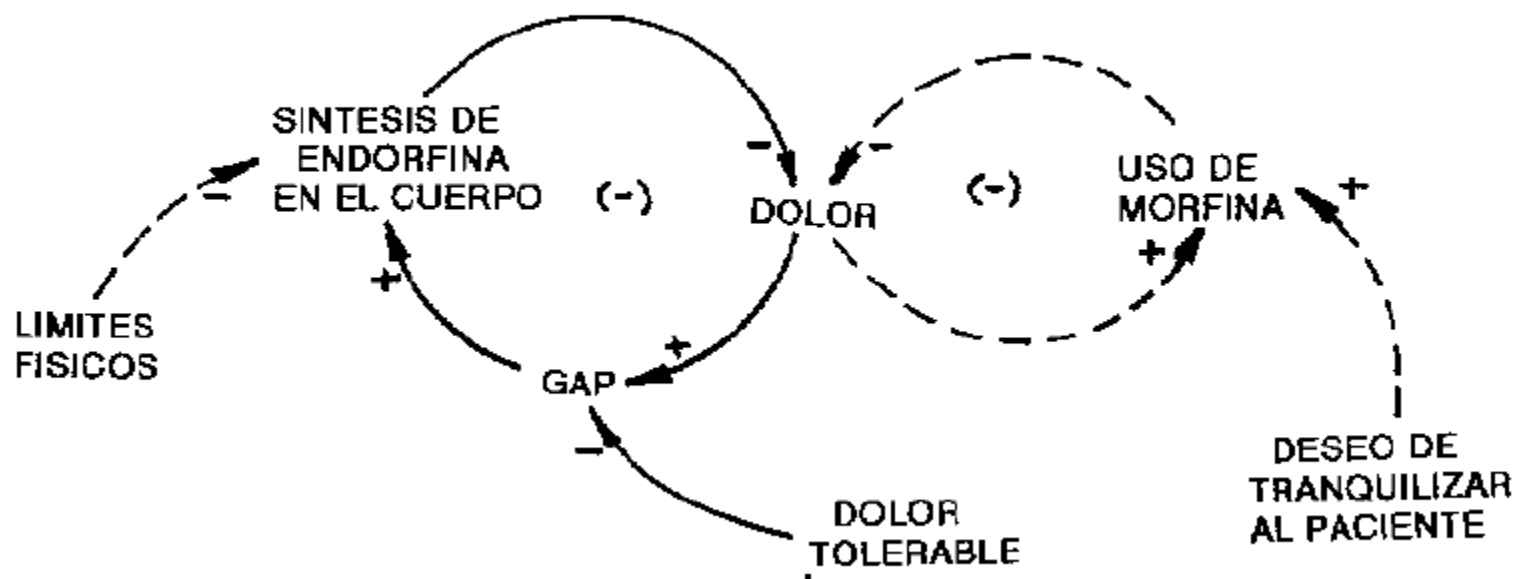
Resistència al canvi



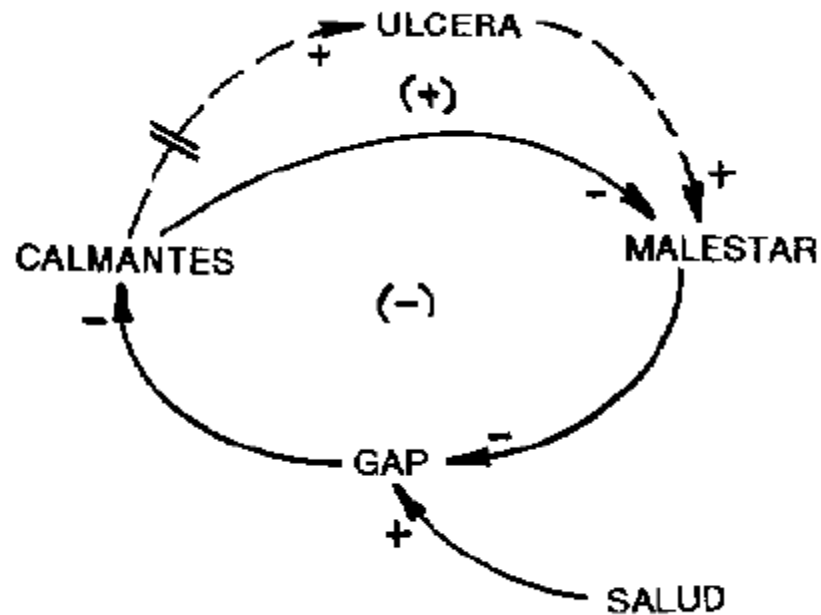
Erosió d'objectius



Addicció



Efectes secundaris



Altres models de dinàmica poblacional

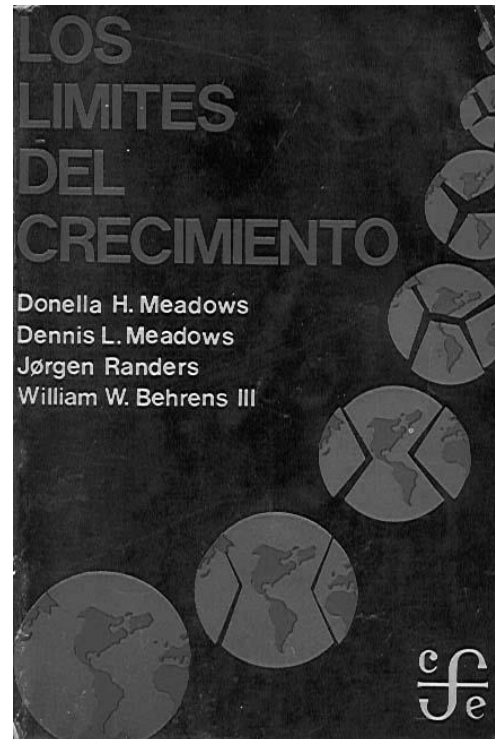
□ Turmitas

- ▣ Màquina de Turing sobre un pla bidimensional.
 - Autòmats cel·lulars.
- ▣ Evolucionen a partir de unes senzilles regles.
- ▣ Mostren patrons repetitius.
 - Comportament emergent.



Adreces de www

- <http://www.ur.mx/tendencias/discurso/d-07.htm> “El límite del creixement”



Exemples

L'illa de pàscua.

L'altiplà de Kaibab

Illa de Pascua

- L'illa de Pasqua (en polinesi Rapa Nui o Gran Rapa) és una illa aïllada de la Polinèsia, situada 3.515 km a l'oest de Xile.



Illa de Pascua

- L'illa va ser ocupada pels polinesis, probablement des de les illes de Mangareva o Pitcairn. Amb la reconstrucció de les genealogies de tradició oral es dedueix que va ser al segle V que va arribar el primer rei Hotu Matu'a. Segons aquestes tradicions orals, es distingeixen dues ètnies enfrontades: els orelles llargues i els orelles curtes. L'illa va desenvolupar, en el seu aïllament i amb uns recursos escassos, una civilització relativament avançada i complexa. Continua sent un misteri la tècnica utilitzada per transportar i aixecar el moais (blocs de basalt fins a 9 m d'alçada esculpits a 20 km de l'emplaçament), i continua sent indesxifrable l'escriptura rongorongo, l'única existent de la cultura polinèsia.
- A partir de l'any 1600 la civilització de l'illa de Pasqua va degenerar dràsticament degut a la superpoblació, la desforestació i l'explotació dels limitats recursos naturals.



Illa de Pascua

Població Inicial	5000 persones
Superfície boscosa inicial	1000 Km ²
Superfície agrícola inicial	10 km ²
Tassa de creixement vegetatiu	0.17%
Consum d'aliments per persona	400 kg/any
Producció d'aliments	200000 kg/km ²
Augment de l'erosió	0.1 de la superfície talada
Efectes de l'erosió	1% per Km ²

1. La població únicament creix.
2. La quantitat d'aliment ve determinada per la productivitat de la terra i per el consum de la població.
3. La terra es un recurs finit, que pot ser dividida en dues modalitats terra agrària i terra boscosa.

Diagrama causal

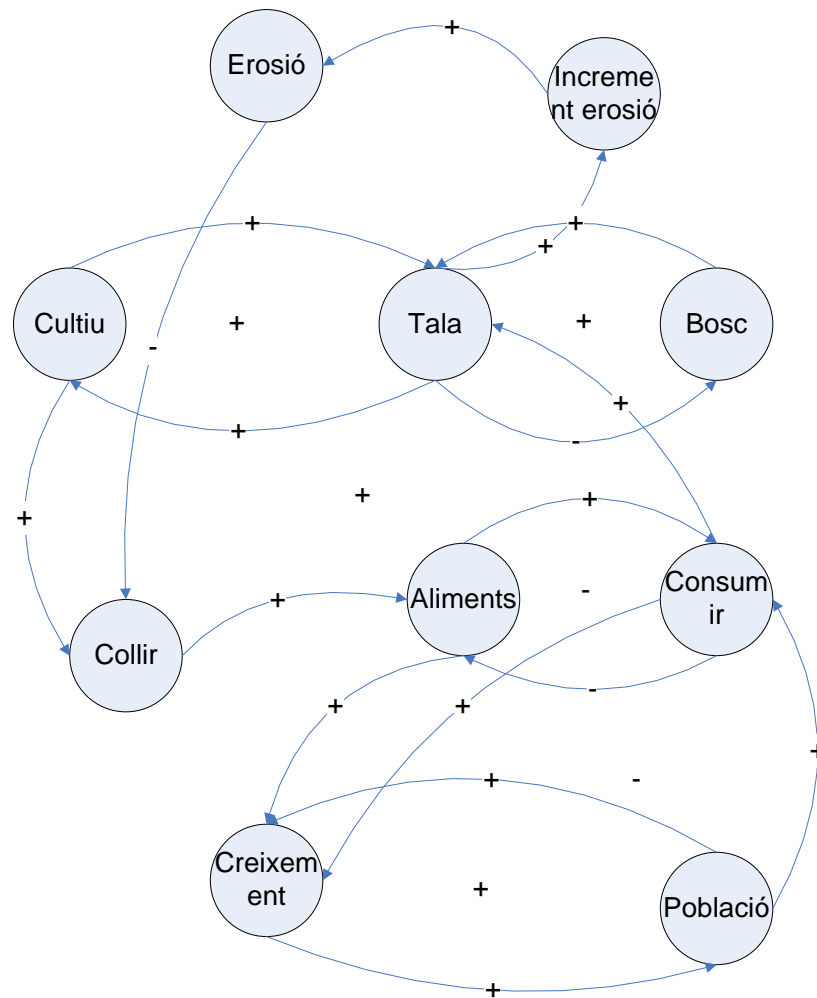
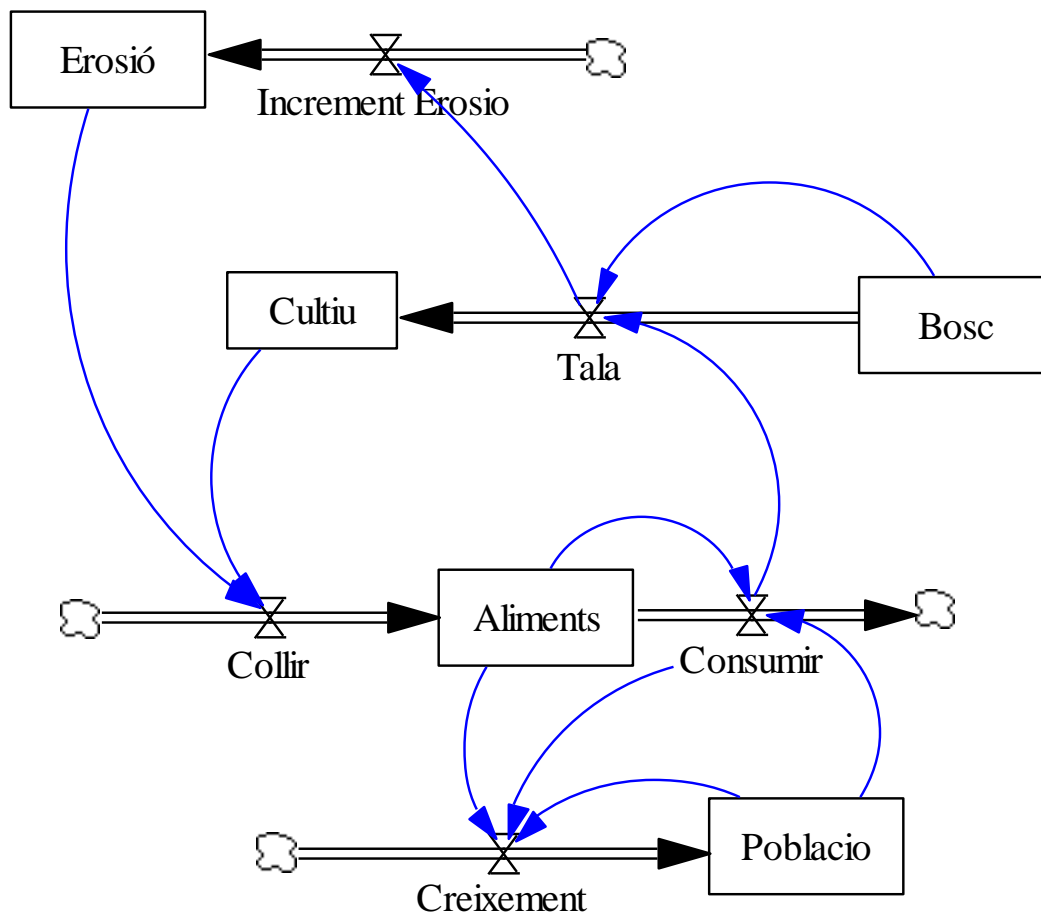
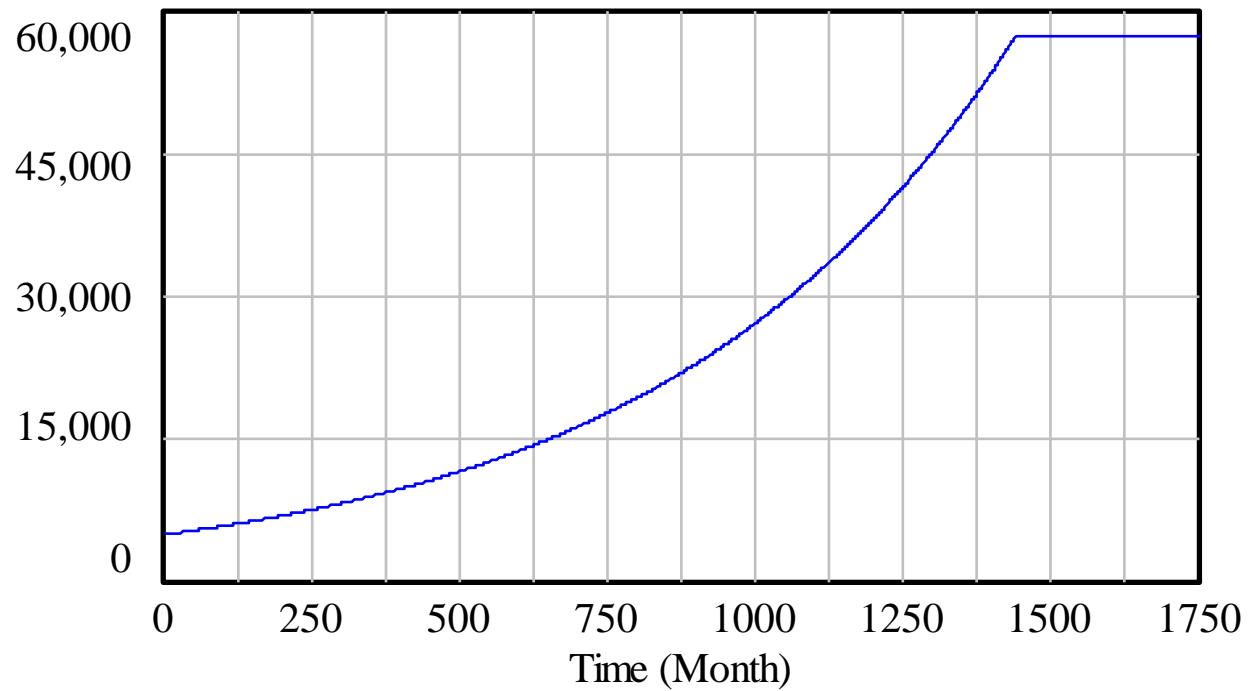


Diagrama de Forrester



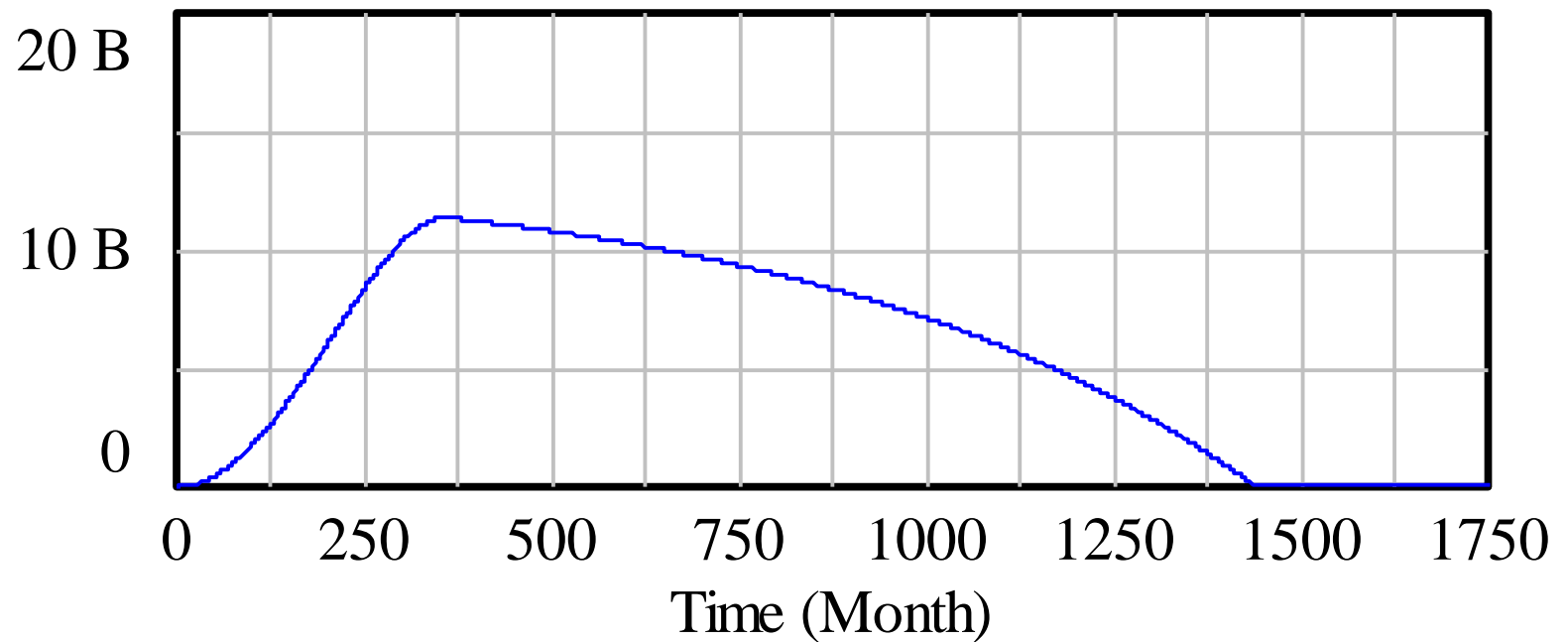
Resultats

Graph for Poblacio



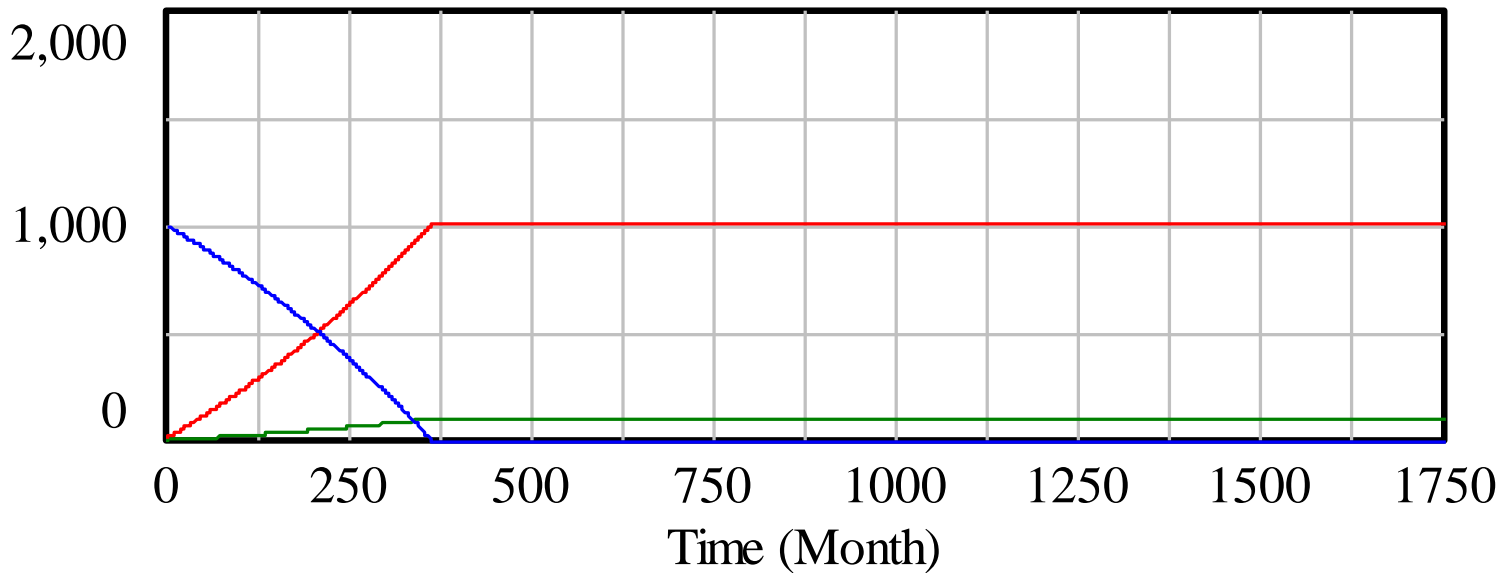
Poblacio : Current

Graph for Aliments



Aliments : Current

Bosc - Cultiu



Bosc : Current

Cultiu : Current

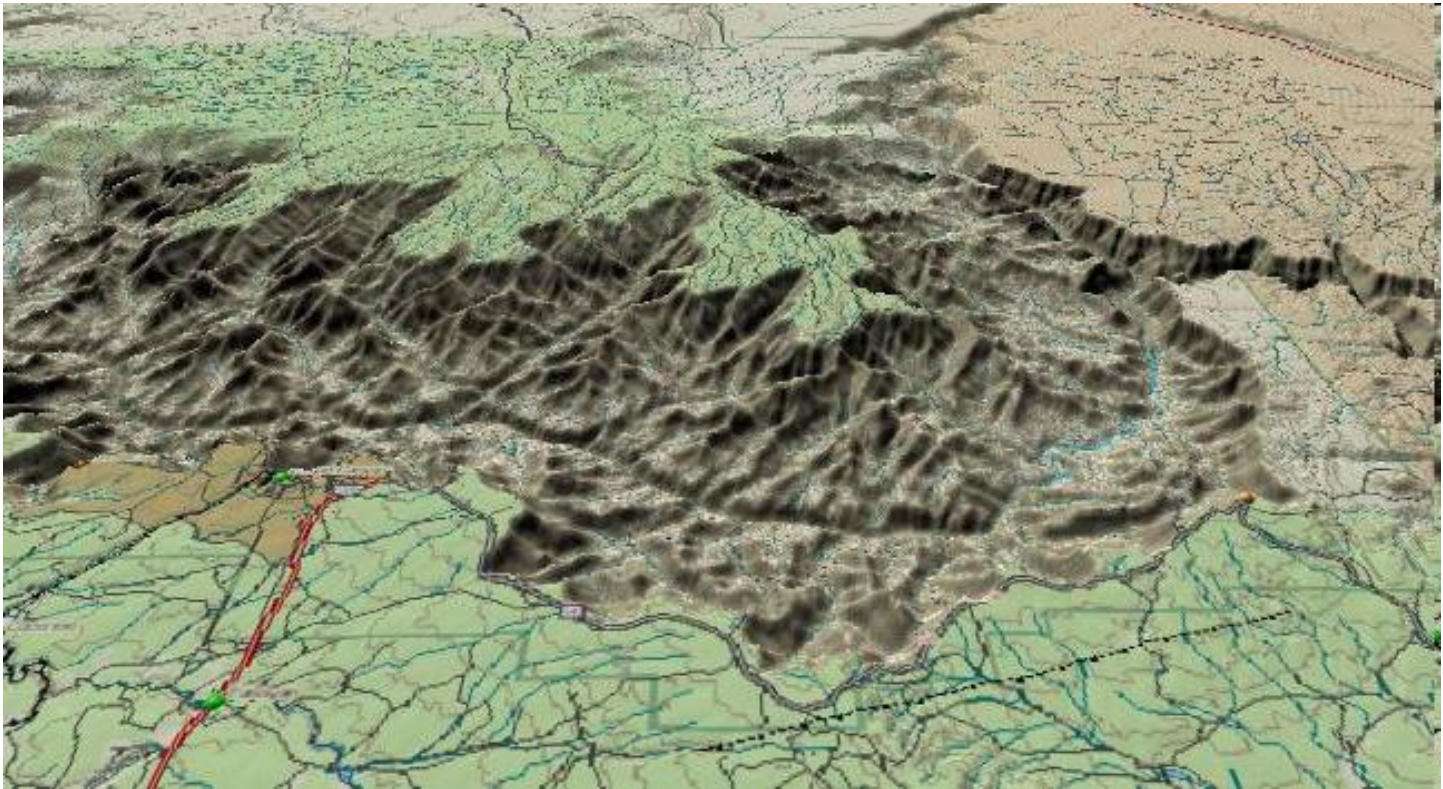
Erosió : Current

Meseta de Kaibab



Lone Pinyon Pine, Yaki Point

Meseta de Kaibab

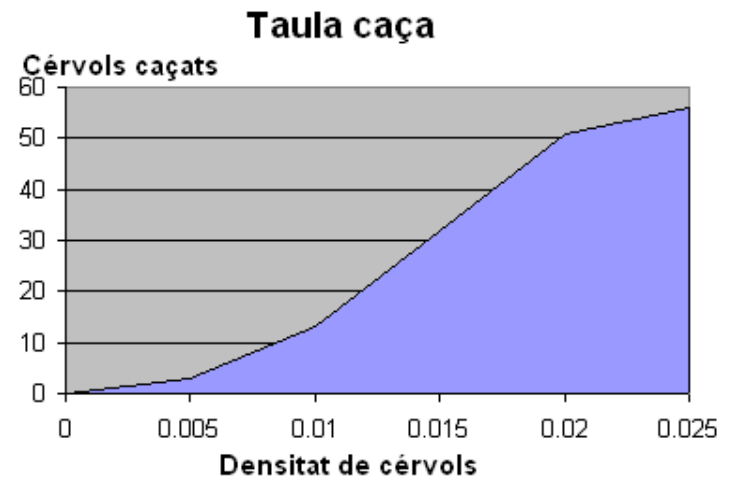


Dades, poblacions

- Població de cérvols: La mida de la manada de cérvols del altiplà, inicialment es de **2.000 exemplars**.
- Població de pumes: nombre de pumes que hi ha a la reserva. Aquesta dada es pren com a constant, amb un valor de **200 exemplars**.
- <http://www.fs.fed.us/r3/kai/>

Dades, cacera

Densitat de cérvols	Cérvols caçats per un puma
0	0
0.005	3
0.01	13
0.015	32
0.02	51
0.025	56

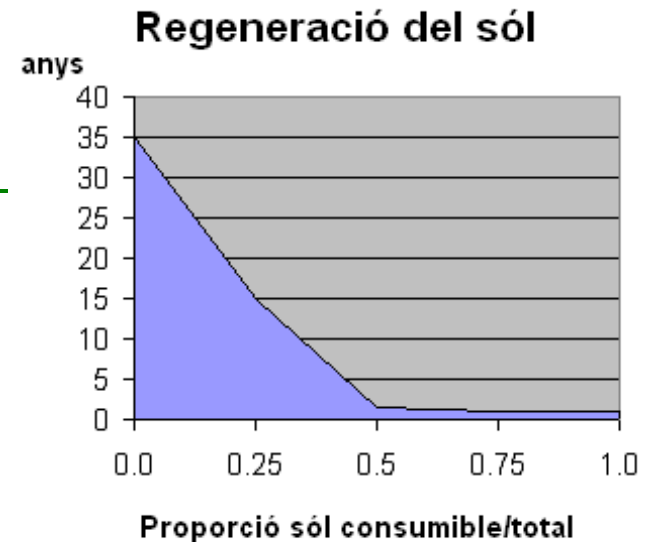


Dades, àrees i consum

- Àrea: Aquesta dada fa referència al total d'hectàrees que componen la reserva natural que estudiem. Es una constant que pren per valor **800.000 hectàrees**.
- Nombre de past total: Pren com a valor el nombre d'hectàrees que son propenses a generar past. Pren com a valor constant **800.000 hectàrees**.
- Consum dels cérvols: Indica la quantitat de consum de past consumible per cada cérvol. Es una constant que val **13,3333 hectàrees**.

Dades, past consumible

Proporció (past consumible/ past total)	Temps de regeneració (en anys)
0	35
0.25	15
0.5	1.5
0.75	1.1
1	1



Dades, taxa increment vegetatiu

Pasto Consumible	Tassa Incremento
0	0
50000	0.05
200000	0.12
400000	0.2
600000	0.3
800000	0.4

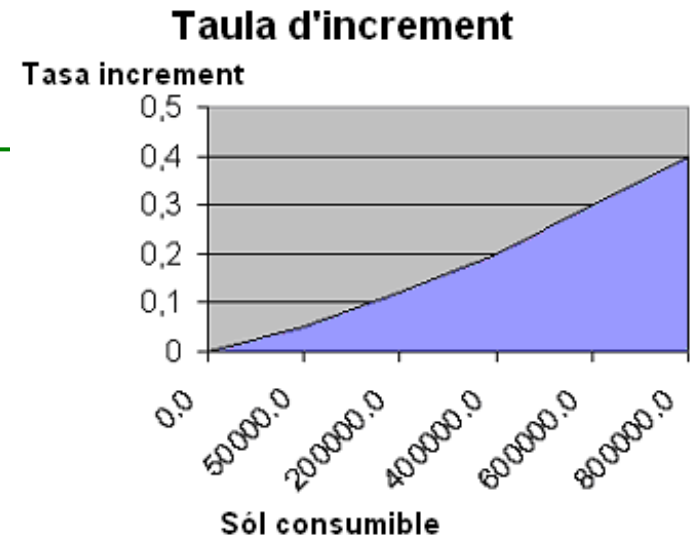


Diagrama causal

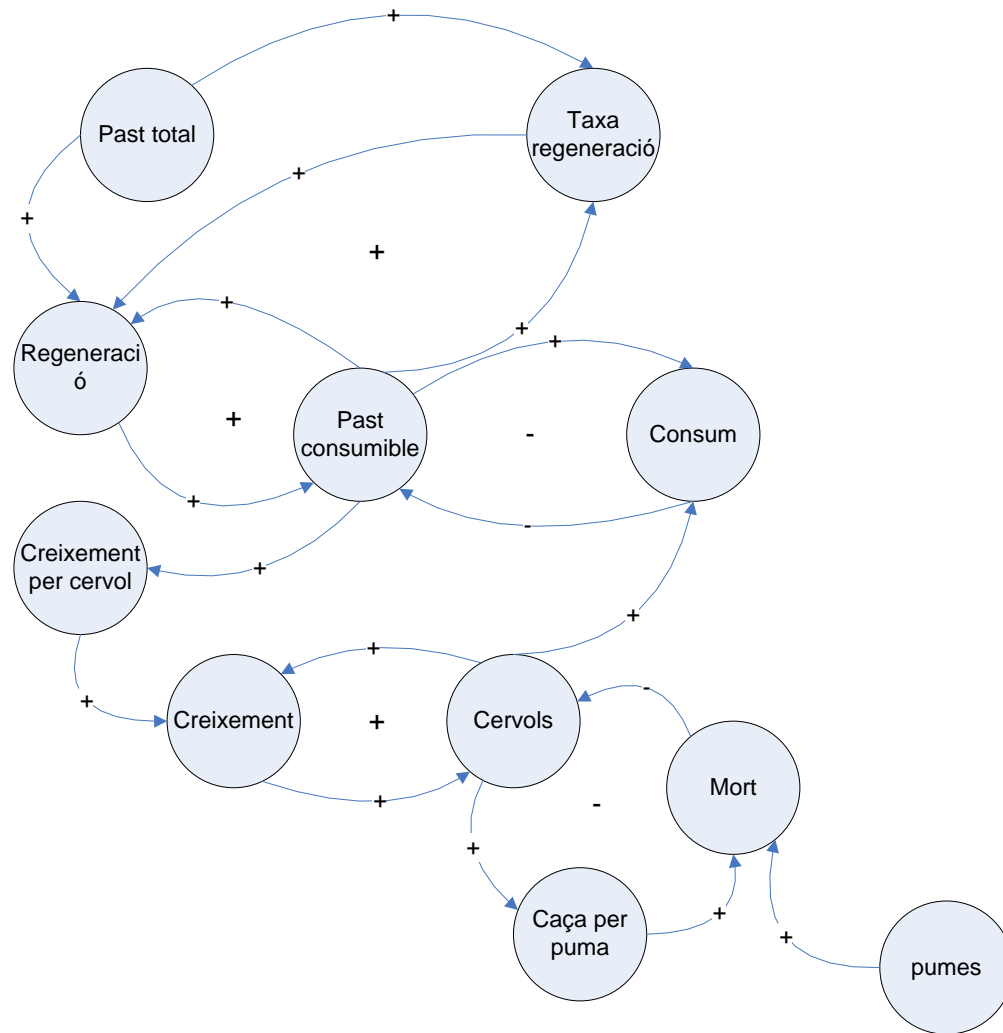
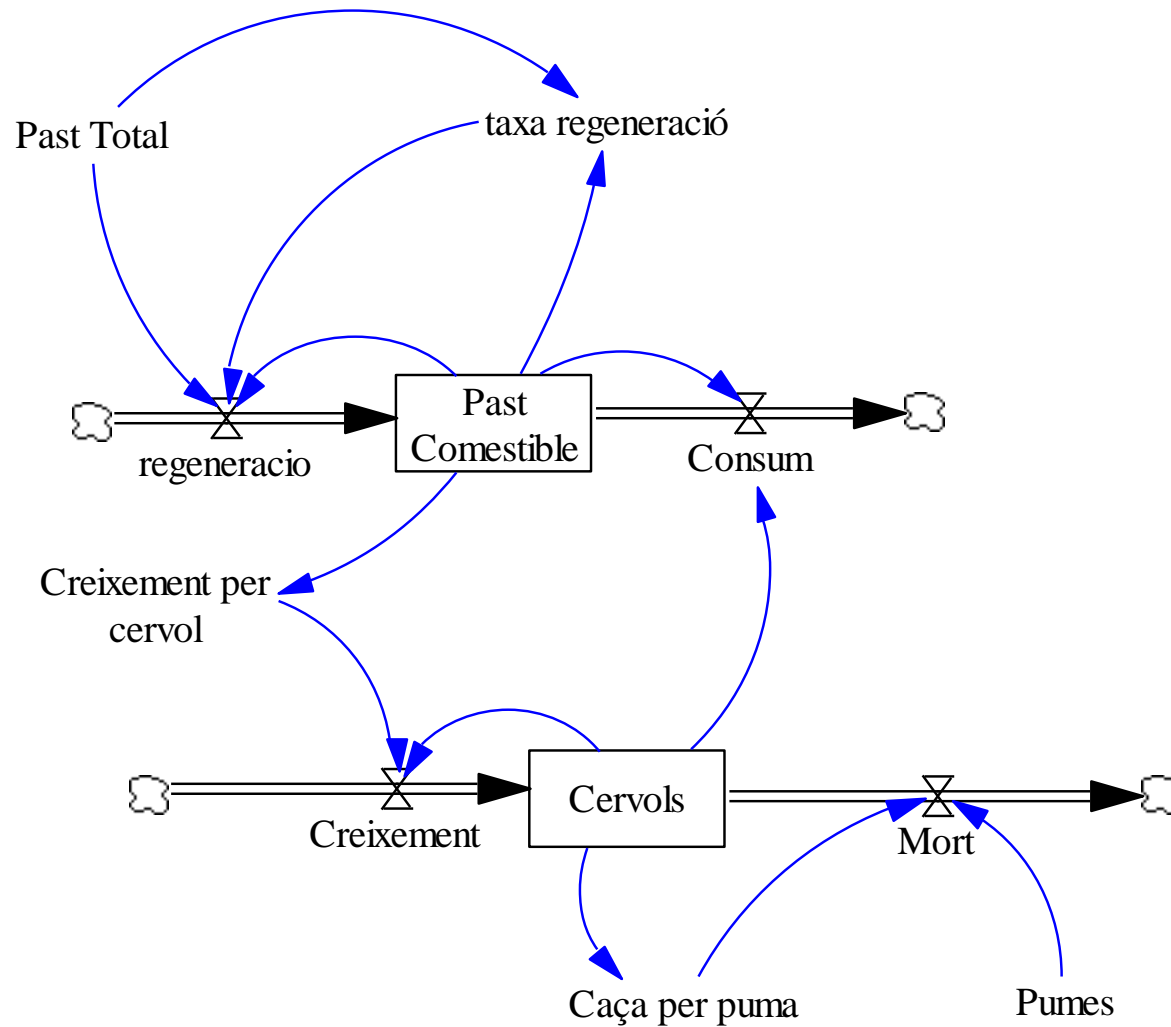
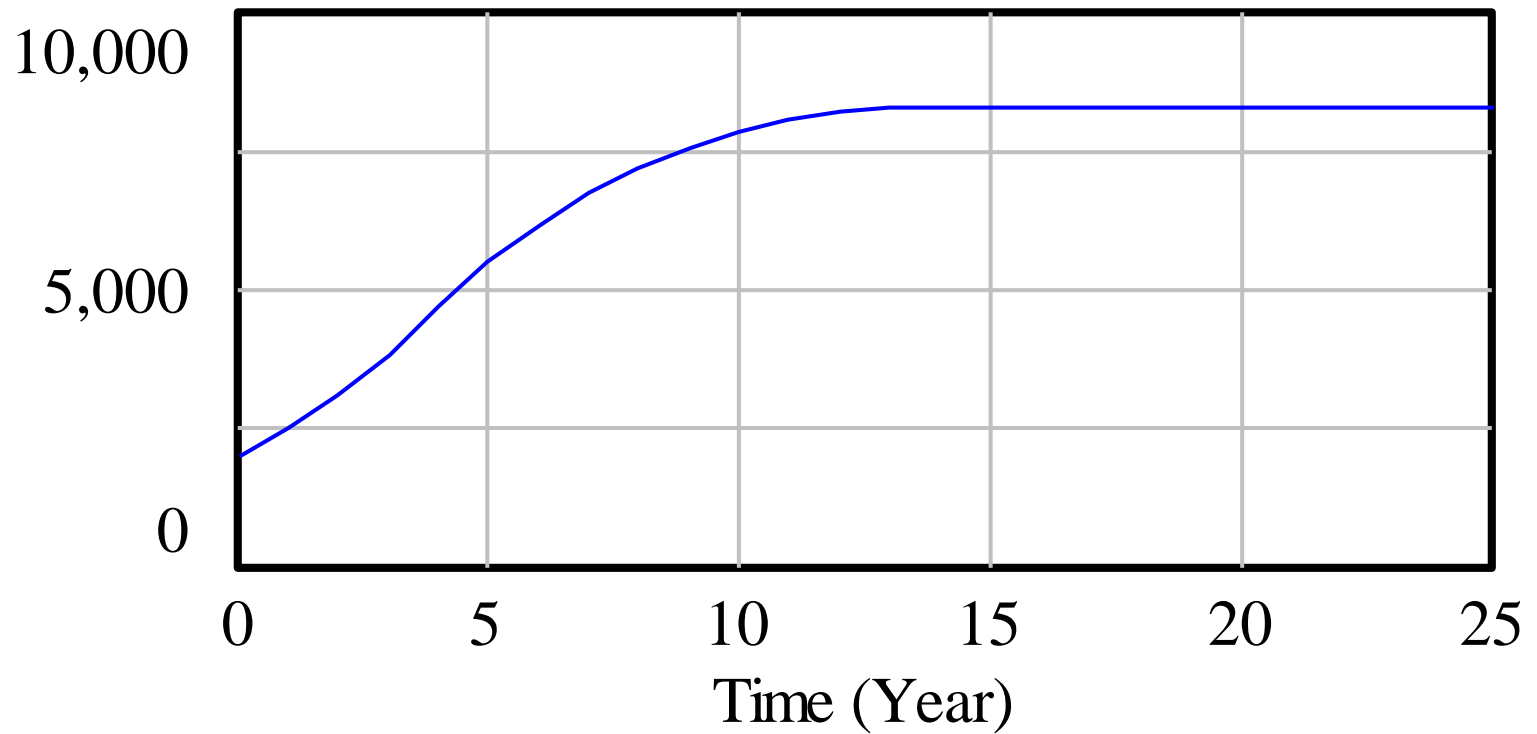


Diagrama de Forrester



Resultats

Graph for Cervols

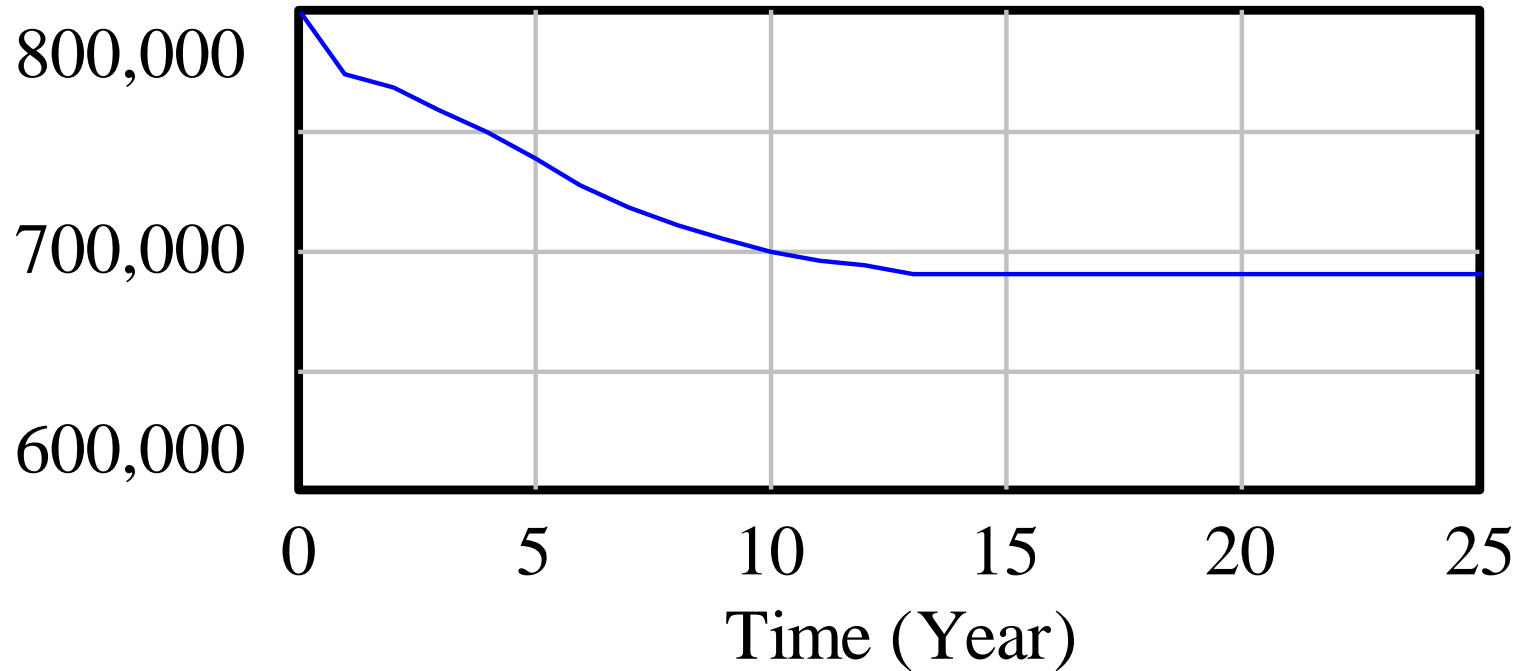


Cervols : Current



Resultats

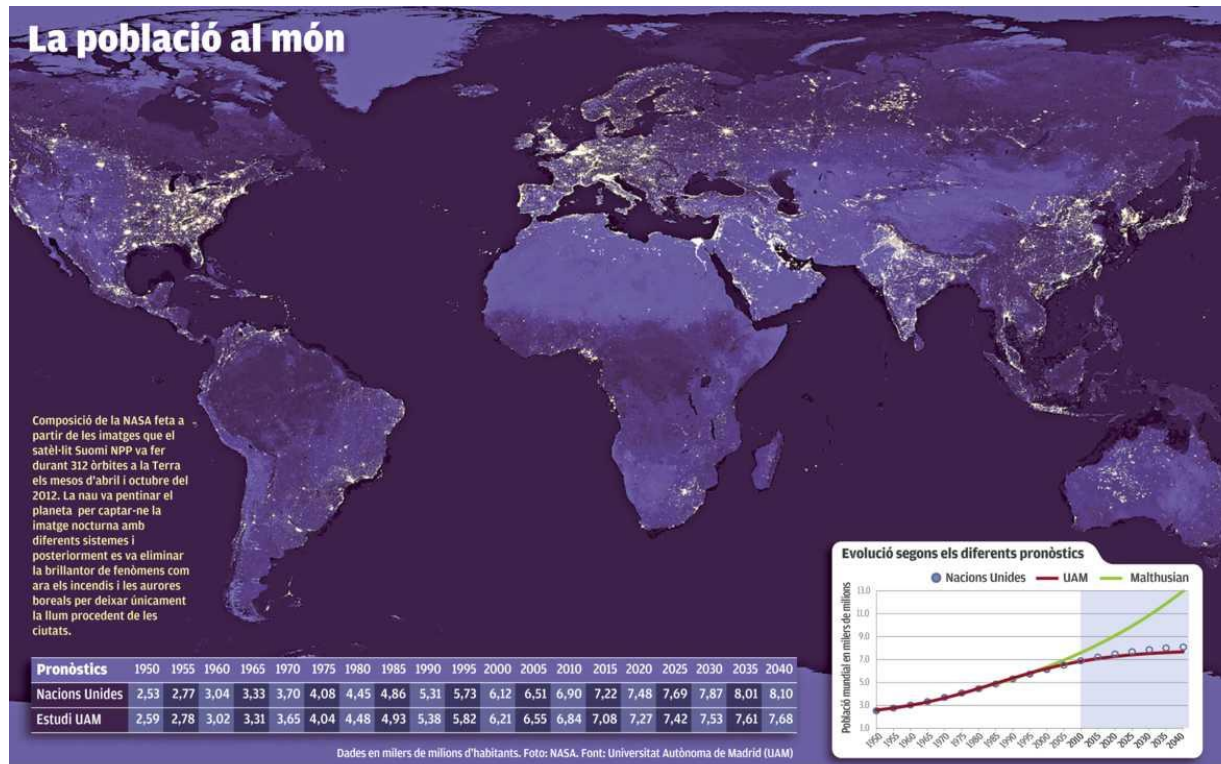
Graph for Past Comestible



Past Comestible : Current 

Notícies

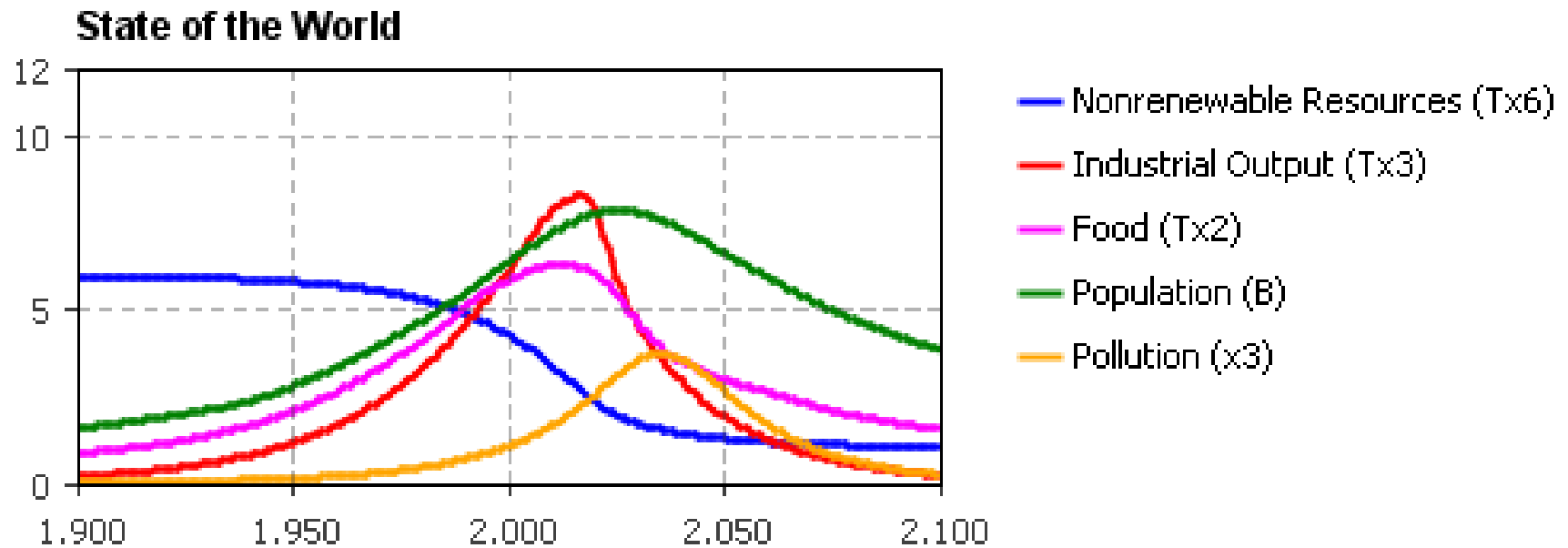
- <http://www.elpuntavui.cat/noticia/article/2-societat/5-societat/634442-la-humanitat-es-frena.html>



World3

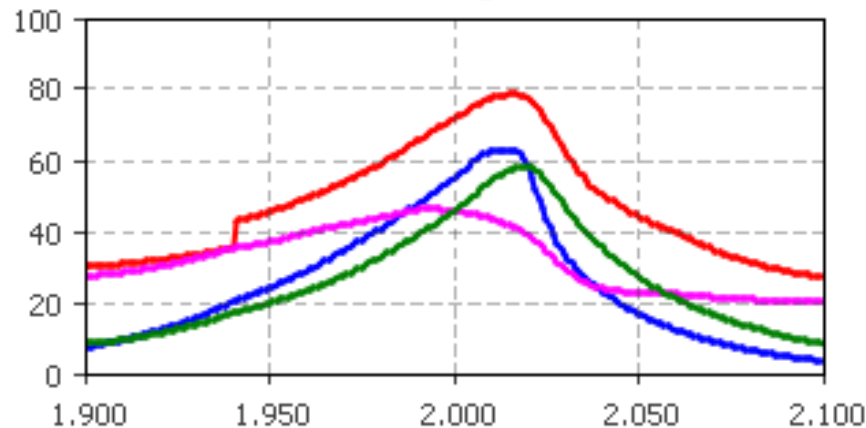
- World3 model Interactive Simulator
 - <http://vimeo.com/45468991>
 - <http://www.world3simulator.org/>
- Several alternatives (is not to late?).

Base scenario



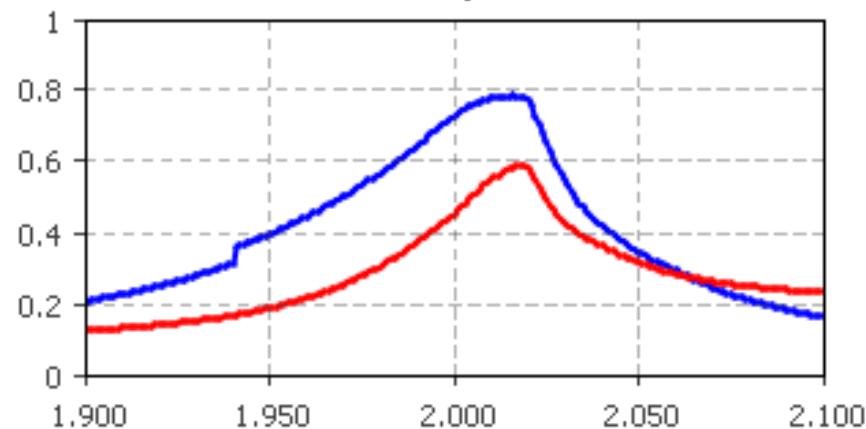
Base scenario

Material Standard of Living



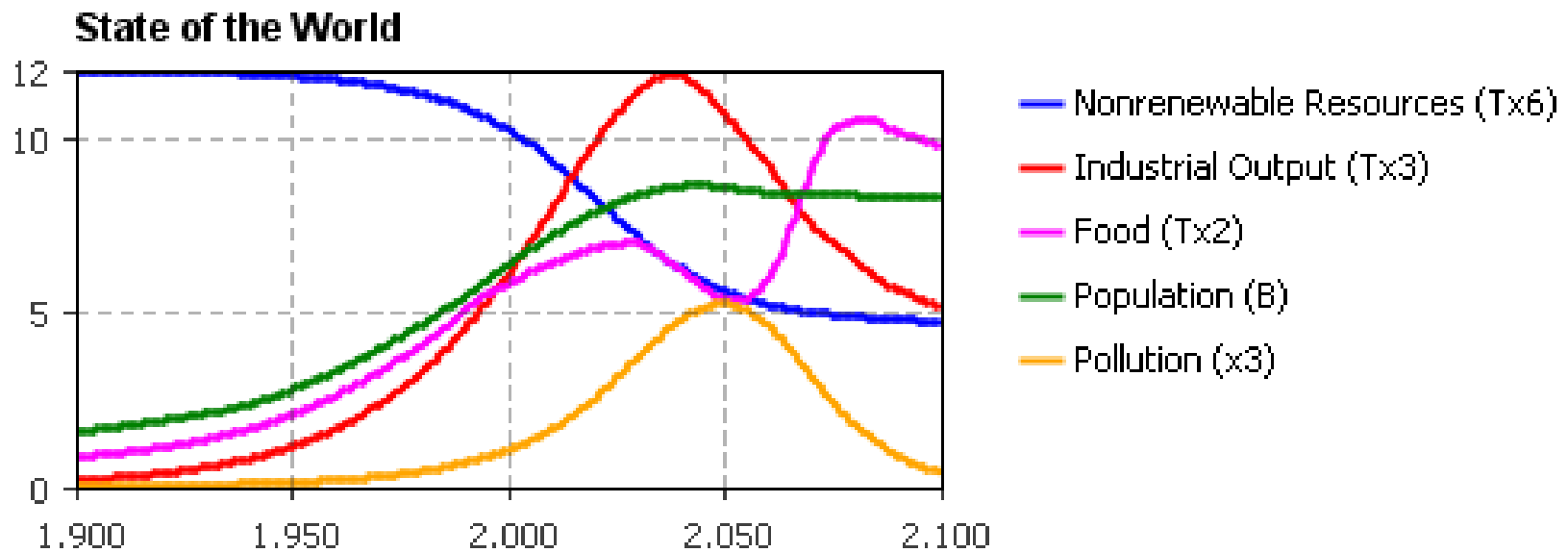
- Consumer goods/person (x2.5)
- Life Expectancy
- Food/person (x10)
- Service/Person (x10)

Human Welfare and Footprint



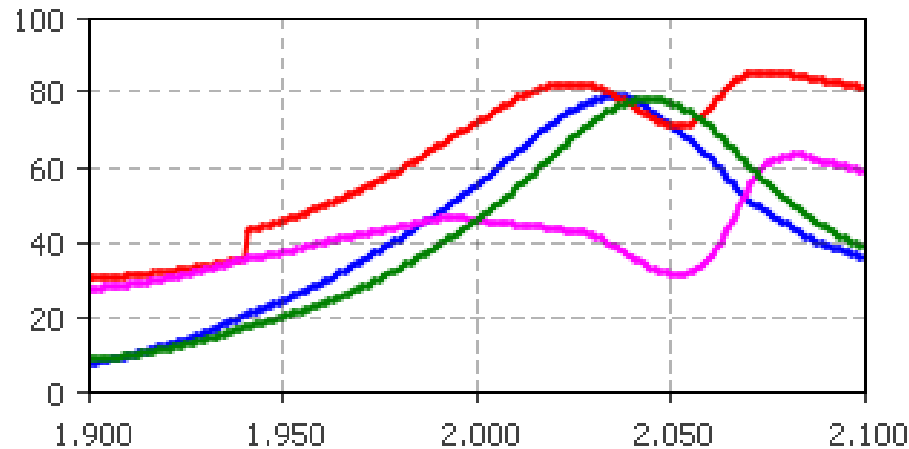
- Welfare Index
- Ecological Footprint (x0.25)

Scenario 6



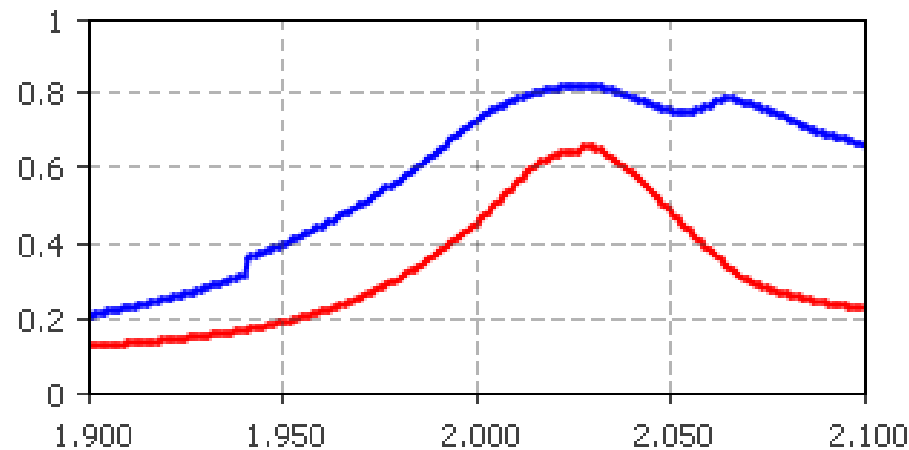
Scenario 6

Material Standard of Living



- Consumer goods/person (x2.5)
- Life Expectancy
- Food/person (x10)
- Service/Person (x10)

Human Welfare and Footprint



- Welfare Index
- Ecological Footprint (x0.25)

A Vensim

