



III Col·loqui

“Mirades de la ciència sobre el temps”
El cicle de la vida

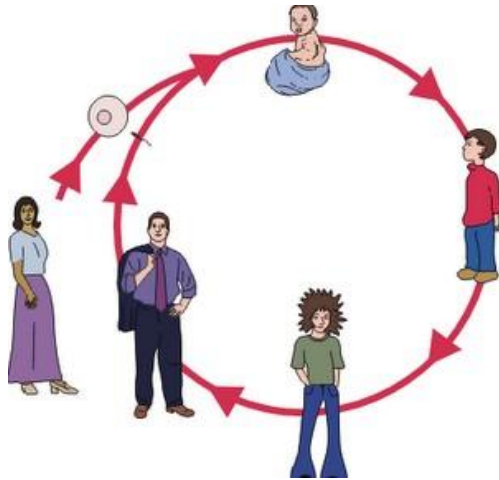
BIOLOGIA MATEMÀTICA:

Modelant vida i natura

Robert Florido Llinàs
Barcelona, 19 de maig de 2016

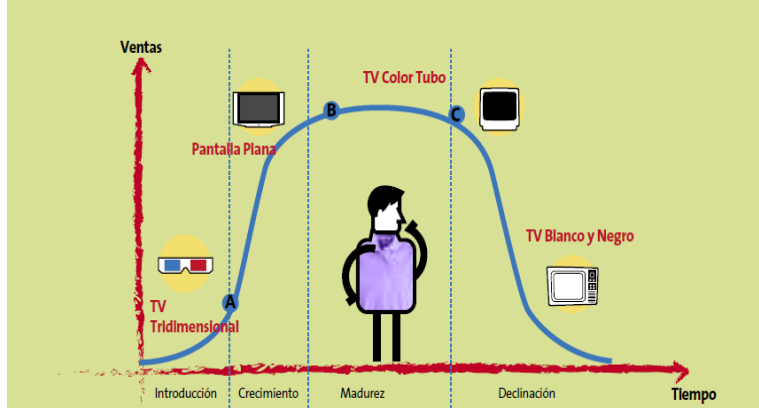
"La vida és qualsevol sistema químic autosustentat, capaç d'experimentar una evolució darwiniana." – NASA

EL CICLO DE LA VIDA

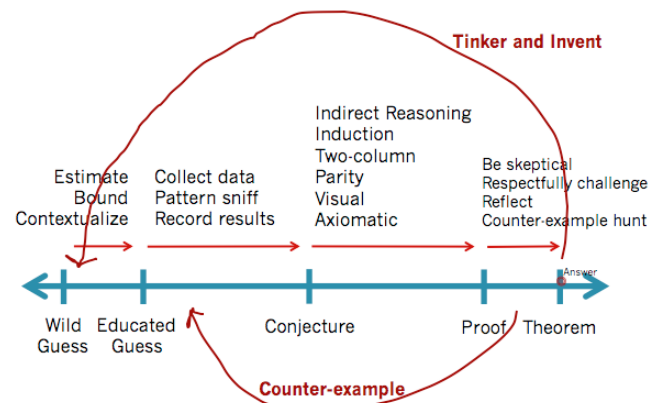


- Canvis biològics i culturals
- Període de temps (cíclic)
- “Néixer, créixer, reproduir-se i morir.”

EL CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO



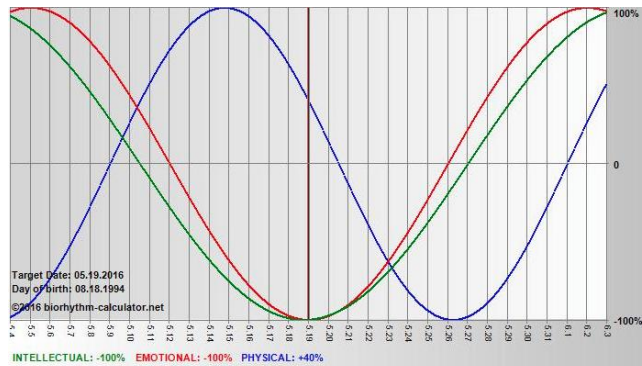
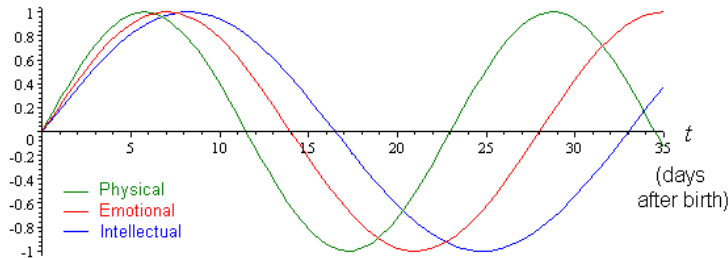
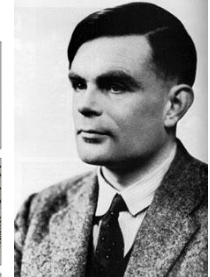
The Life Cycle of Mathematics



"Un matemàtic és un cec en una habitació fosca buscant un gat que no està allà." – Darwin

BIOLOGIA MATEMÀTICA

- Models matemàtics de fenòmens biològics
- Equacions diferencials com a eina matemàtica (essència dinàmica)
- Ordinadors com a tub d'assaig



- Bioritmes: un exemple? Alts i baixos de la vida a partir del valor +/- del sinus corresponent al cicle físic (23 dies), emocional (28) i intel·lectual (33) prefixats.
- NO! --- No té sentit tractar fenomen complex (vida) amb teoria simplista.
- Jo, avui: Mínim emocional i intel·lectual !!

$$\frac{dy(t)}{dt} = f(t, y(t))$$

MODEL DEPREDADOR-PRESA



- Presa (conill) -> "x"
- Creixement exponencial:

$$\frac{dx}{dt} = ax$$



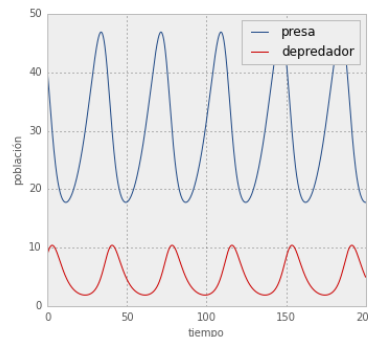
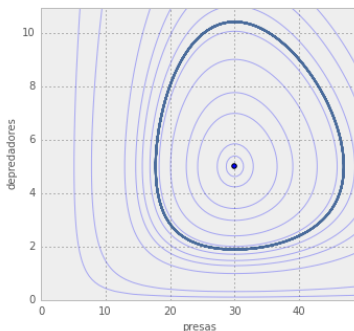
- Depredador (llop) -> "y"
- Decreixement exponencial:

$$\frac{dy}{dt} = -by$$

- Coexistència depredador-presa
- Comportament oscil·lant:

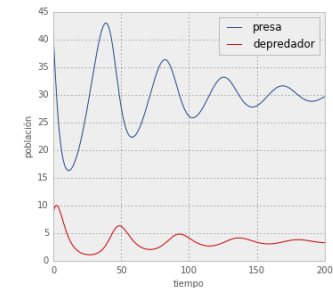
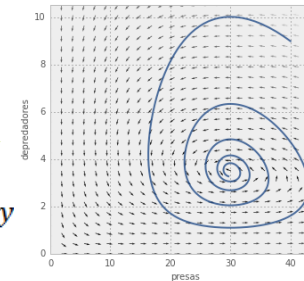
$$\left. \begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= ax - cxy \\ \frac{dy}{dt} &= -by + dxy \end{aligned} \right\}$$

➤ Equacions de Lotka-Volterra



Correcció logística

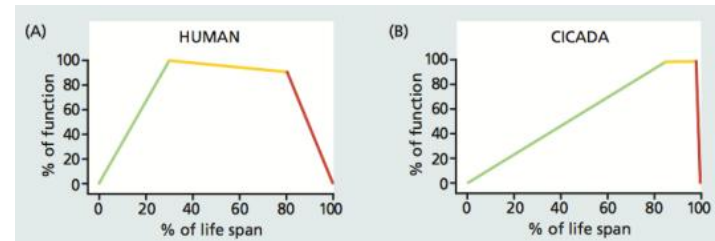
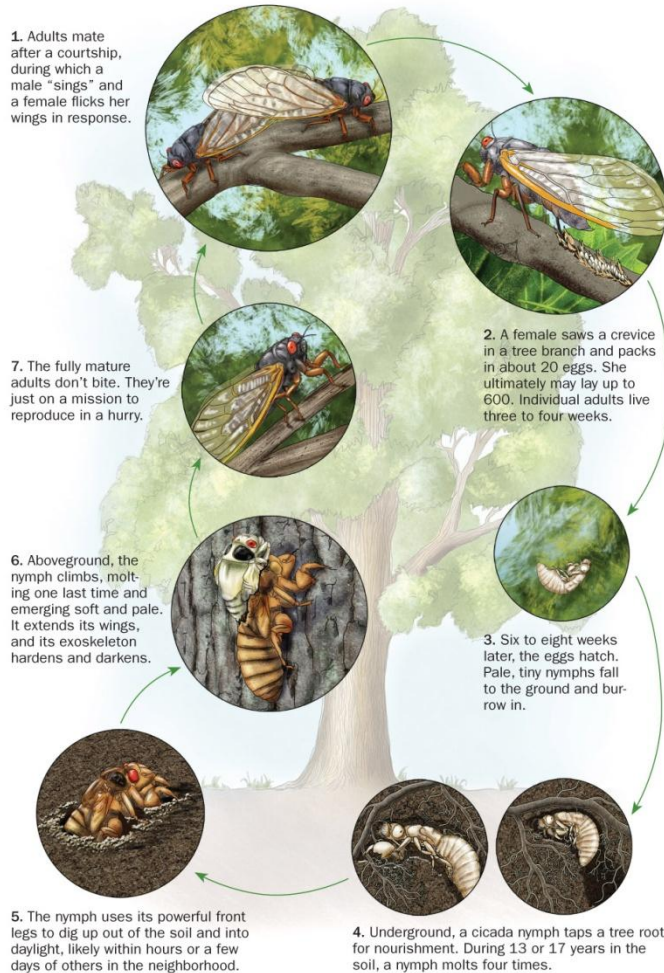
$$\frac{dx}{dt} = (ax - ex^2) - cxy$$



"En julio es gran tabarra, el canto de la cigarra."
– Refrán popular

MAGICICADA:

La cigala periòdica de 13 o 17 anys



- Dels insectes amb més longevitat
- “Saciació del depredador”: Emergència sincronitzada i en abundància
- Cicle primer (13 o 17 anys): Evitar coincidència amb els cicles dels depredadors

Depredador: 2 anys $\rightarrow$ 4 $\rightarrow$ 6 $\rightarrow$... $\rightarrow$ 34 $\rightarrow$... $\rightarrow$ 68 $\rightarrow$... $\rightarrow$ 102 $\rightarrow$...

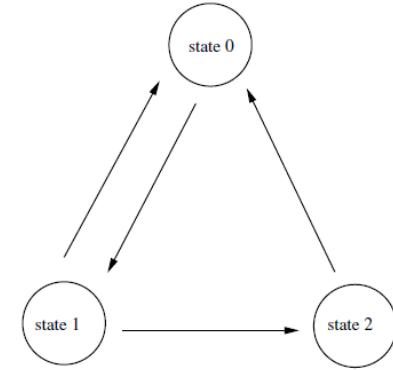
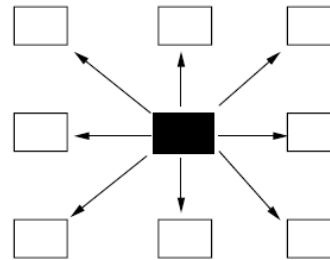
Cigala: 17 anys $\rightarrow$ 34 $\rightarrow$ 51 $\rightarrow$ 68 $\rightarrow$ 85 $\rightarrow$ 102 $\rightarrow$...

MAGICICADA: "Joc de la vida"

➤ Model d'autòmat cel·lular: Quadrícula de 100x100 cel·les

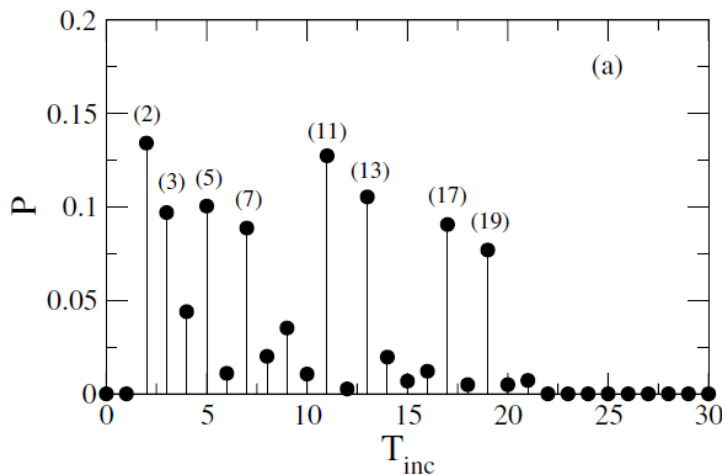
➤ Estats de les cel·les "i":

- 0 – buida,
- 1 – presa "x"
- 2 – depredador "y"



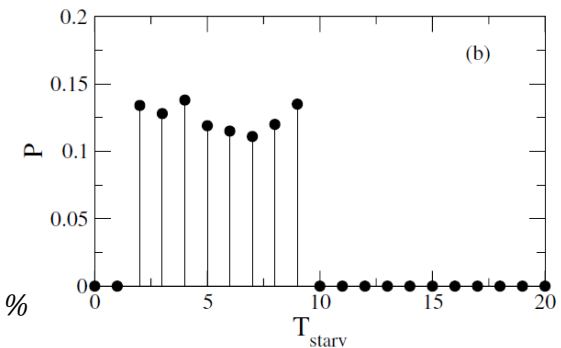
➤ Evolució a estat " $s_i(t+1)$ " per influència dels 8 veïns (veïnatge de Moore), tant de depredadors (y_M) com de preses (x_M), en generació anterior " t ";:

- Del 0 al 1 si " $x_M(i) \geq k_x$ ". En cas de mutació ($Prob=U_{inc}$), " $T_{inc}(i) = T_{inc}(x^*) \pm 1$ ".
- Del 1 al 2 si " $y_M(i) \geq k_y$ ". En cas de mutació ($Prob=U_{starv}$), " $T_{starv}(i) = T_{starv}(y^*) \pm 1$ ".



Distribucions del període dominant del cicle de vida de preses i depredadors, amb:

- ❖ $t = 20.000$ generacions
- ❖ $k_x = 4, k_y = 4$
- ❖ $U_{inc} = 10^{-5}, U_{starv} = 10^{-5}$
- ❖ C.I. $x_0=50\%, x_1=40\%, x_2=10\%$



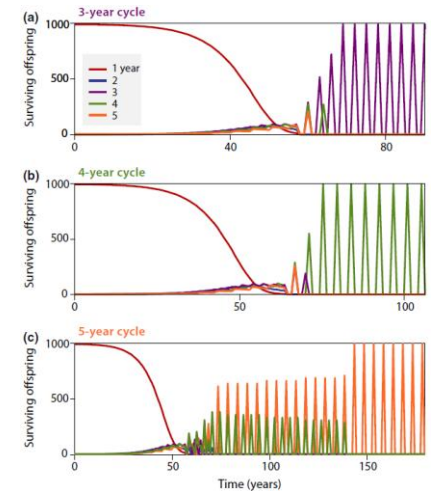
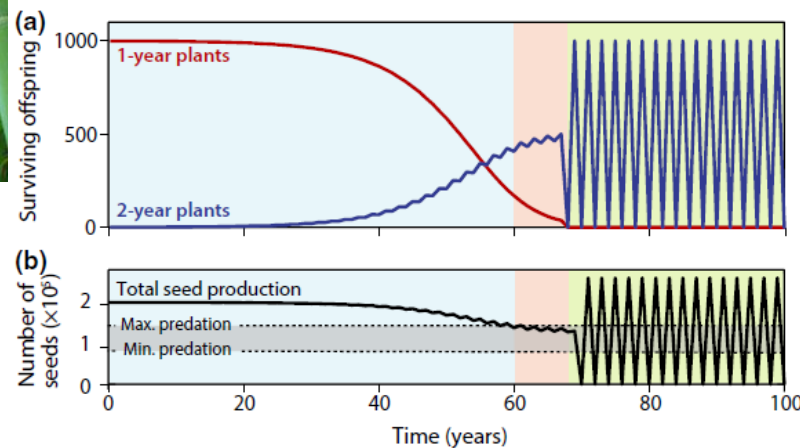
“La sabiduría del bambú es saber doblarse sin romperse y sacudirse cuando la tierra tiembla.” –
Proverbio chino

PYLLOSTACHYS BAMBUSOIDES:

El bambú gegant de 120 anys

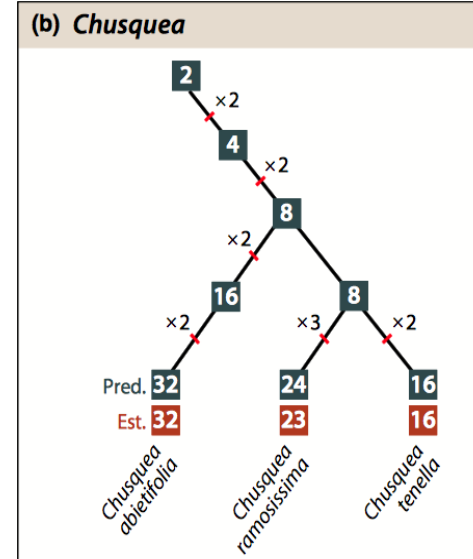
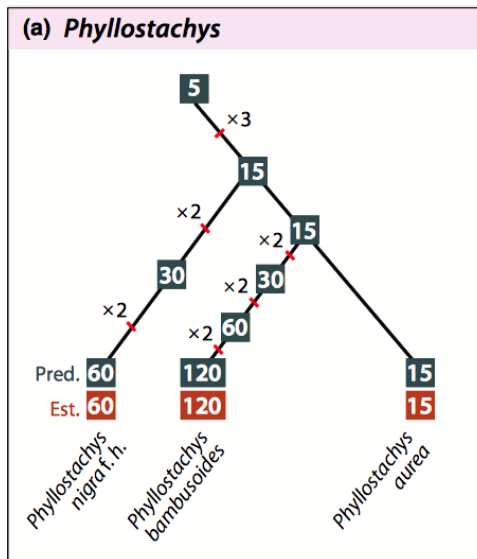


- De les plantes amb més longevitat
 - “Saciació del depredador”: Floració i alliberament de llavors sincronitzat i en abundància
 - Sincronització inicial de la població
 - Mutants amb períodes majors: +llavors i +protecció
- *Bambú anual*: 1 any $\mapsto$ 2 $\mapsto$ 3 $\mapsto$ 4 $\mapsto$ 5 $\mapsto$ 6 $\mapsto$...
 - *Bambú mutant*: 2 anys $\mapsto$ 4 $\mapsto$ 6 $\mapsto$... (2 “cohorts”: en anys senars o parells)



PYLLOSTACHYS BAMBUSOIDES: Sincronització + Multiplicació

- Model basat en fase de sincronització inicial seguit d'una multiplicació successiva dels intervals per nombres petits, sustentat per:
 - Forta selecció natural
 - Cicle major -> +llavors i +protecció
 - "Relotge genètic" del bambú
- *Phyllostachys bambusoides*: 120 anys = 5 anys x 3 x 2 x 2 x 2



Conclusions

- Cicles de més longevitat, fruit de diferents estratègies d'evolució:
 - Cigales: Depredadors de 2 a 10 anys -> Cicles llargs i primers
 - Bambú: Depredadors constants i migratoris -> Cicles llargs i múltiples
- Biologia matemàtica:
 - Multitud de models i aplicacions
 - Gran futur i avenç constant (ciència i ordinadors)
- Treball en equip i interdisciplinari -> Grans descobriments

❖ *“Emergence of Prime Numbers as the Result of Evolutionary Strategy”:*
<http://www.cicadamania.com/downloads/prime-PRL.pdf> (Universidade Estadual de Campinas, Brazil, 2004)

❖ *“Extended flowering intervals of bamboos evolved by discrete multiplication”:*
[http://www.people.fas.harvard.edu/~ccdavis/pdfs/Veller et al Ecology Letters 2015.pdf](http://www.people.fas.harvard.edu/~ccdavis/pdfs/Veller_et_al_Ecology_Letters_2015.pdf) (Harvard University, Cambridge, Massachusetts, USA, 2015)



Moltes gràcies per la vostra atenció!

