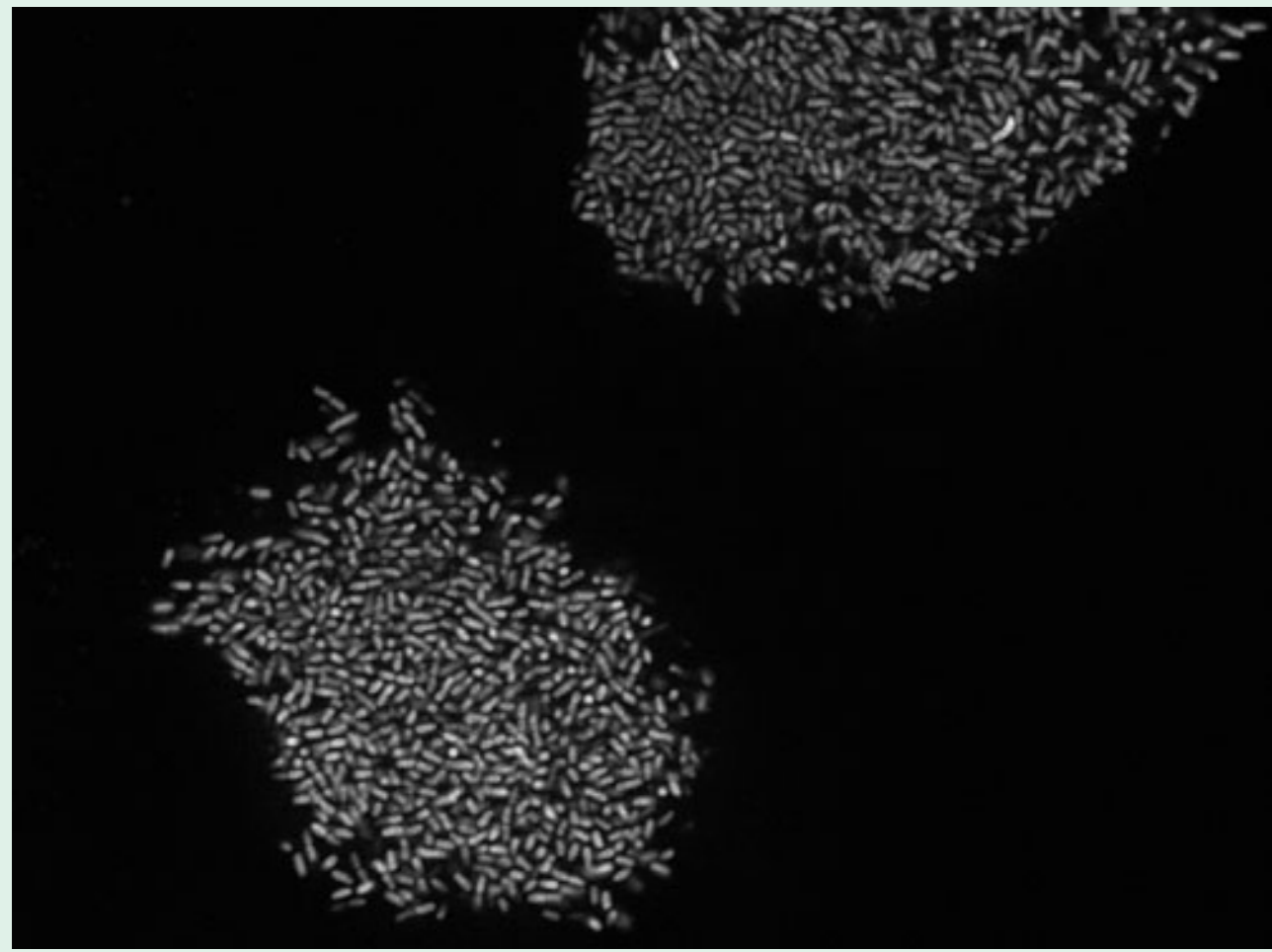


## Resumen

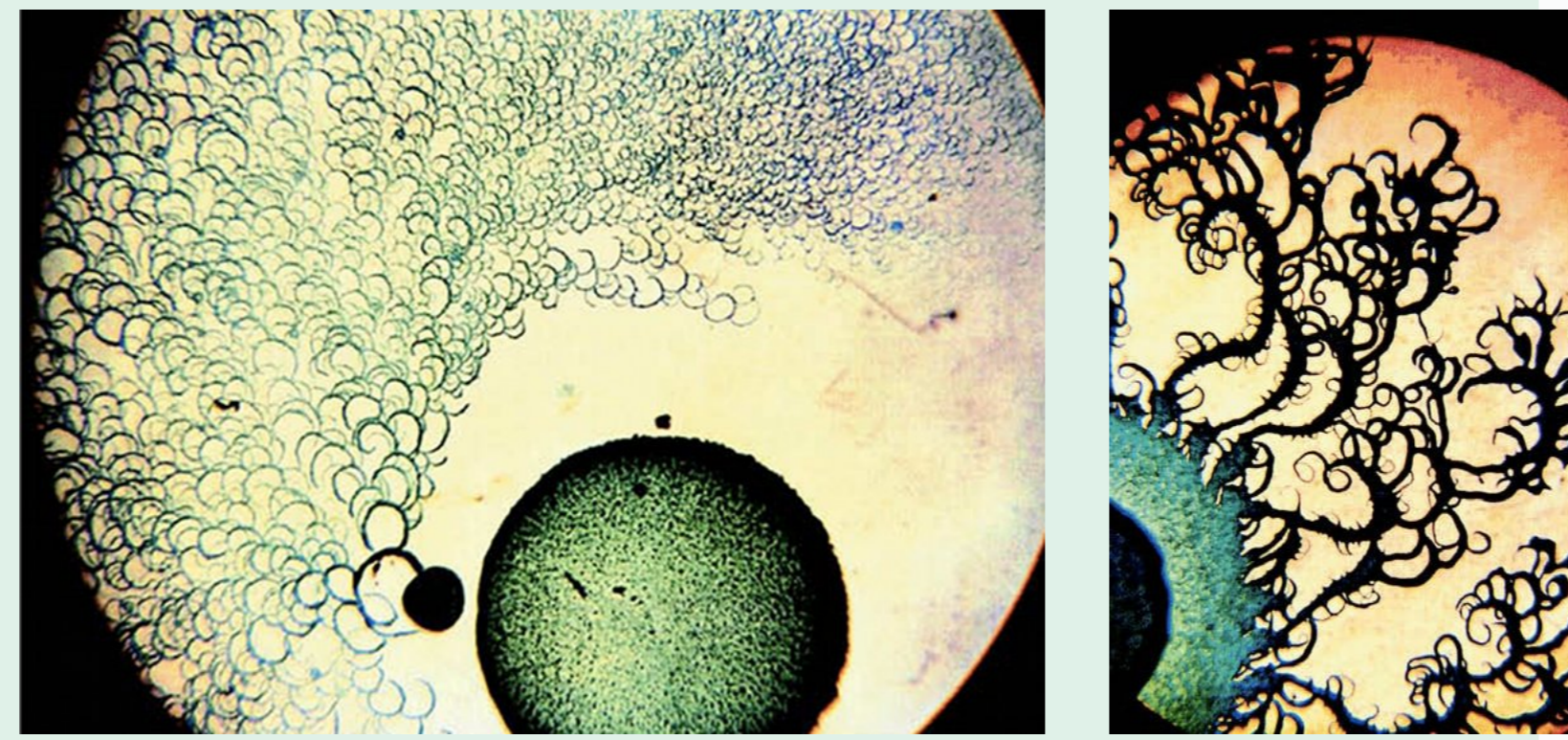
Sistemas biológicos constantemente intercambian materia, energía e información con el ambiente, regulando su crecimiento y sobrevivencia. A partir de un modelo tipo Lotka-Volterra, hemos estudiado la dinámica y el control poblacional con aplicación al incremento de bacterias utilizando un formalismo sujetos a la interacción presa-depredador incluyendo un termino estocástico capaz de simular fluctuaciones en la densidad de bacterias. Cambiando algunos parámetros ajustables, hemos encontrado situaciones lejanas del equilibrio, en que la dinámica poblacional es afectada por la disipación en la densidad, en analogía a procesos de auto-organización.

## Bacterias

- ▶ Grado de interacción entre las dos poblaciones bacterianas
- ▶ Las fluctuaciones ambientales y la bacteriana competencia interespecífica
- ▶ Procesos de auto-organización



*Escherichia coli* — Colonización de una superficie epitelial de un mouse [1].



Ejemplos de padrones complejos en el crecimiento de colonias de bacterias (Morfo tipo C) para diferentes condiciones iniciales [2].

## Ecuación Lotka-Volterra

- ▶ El modelo de Lotka-Volterra:

$$\frac{dN}{dt} = aN - bNP$$

$$\frac{dP}{dt} = cNP - dP$$

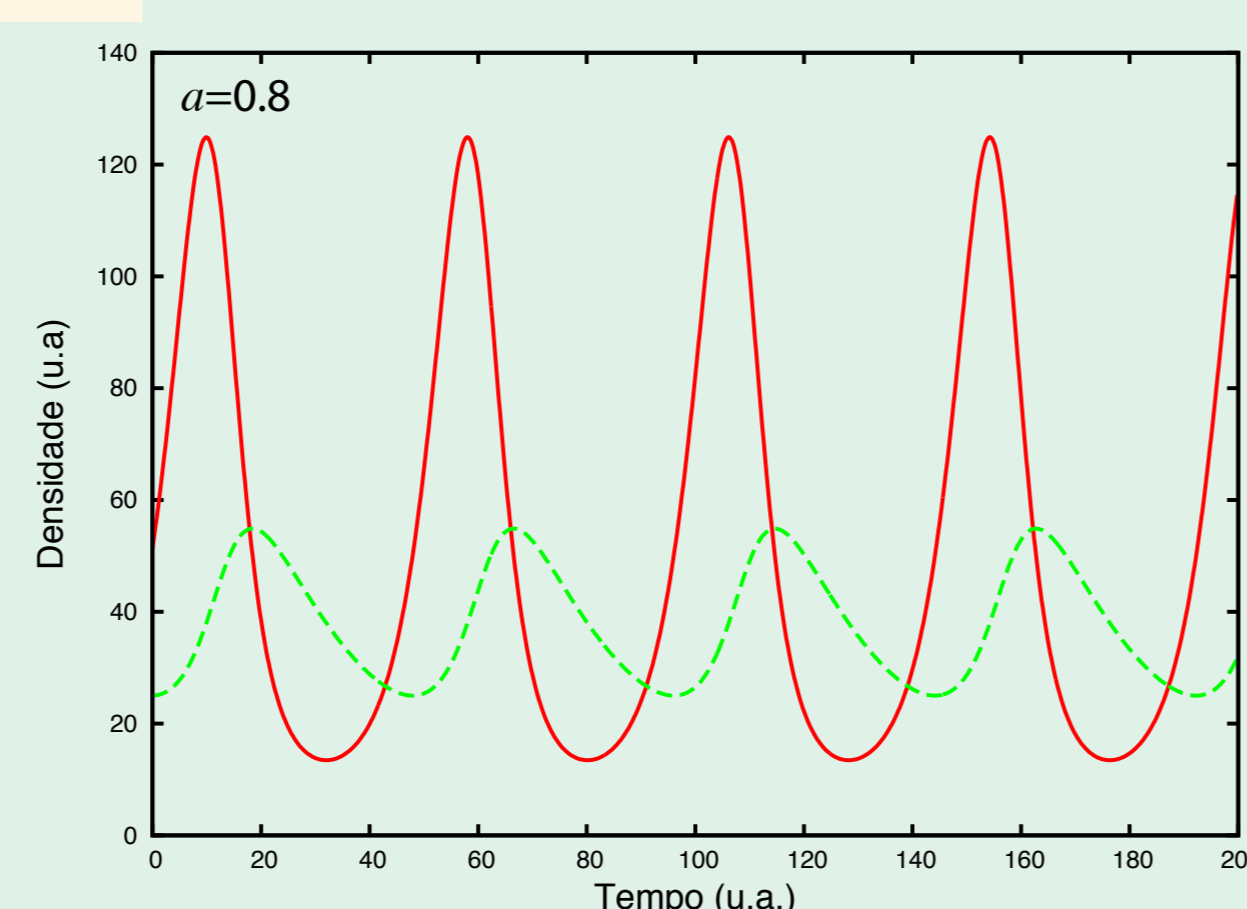
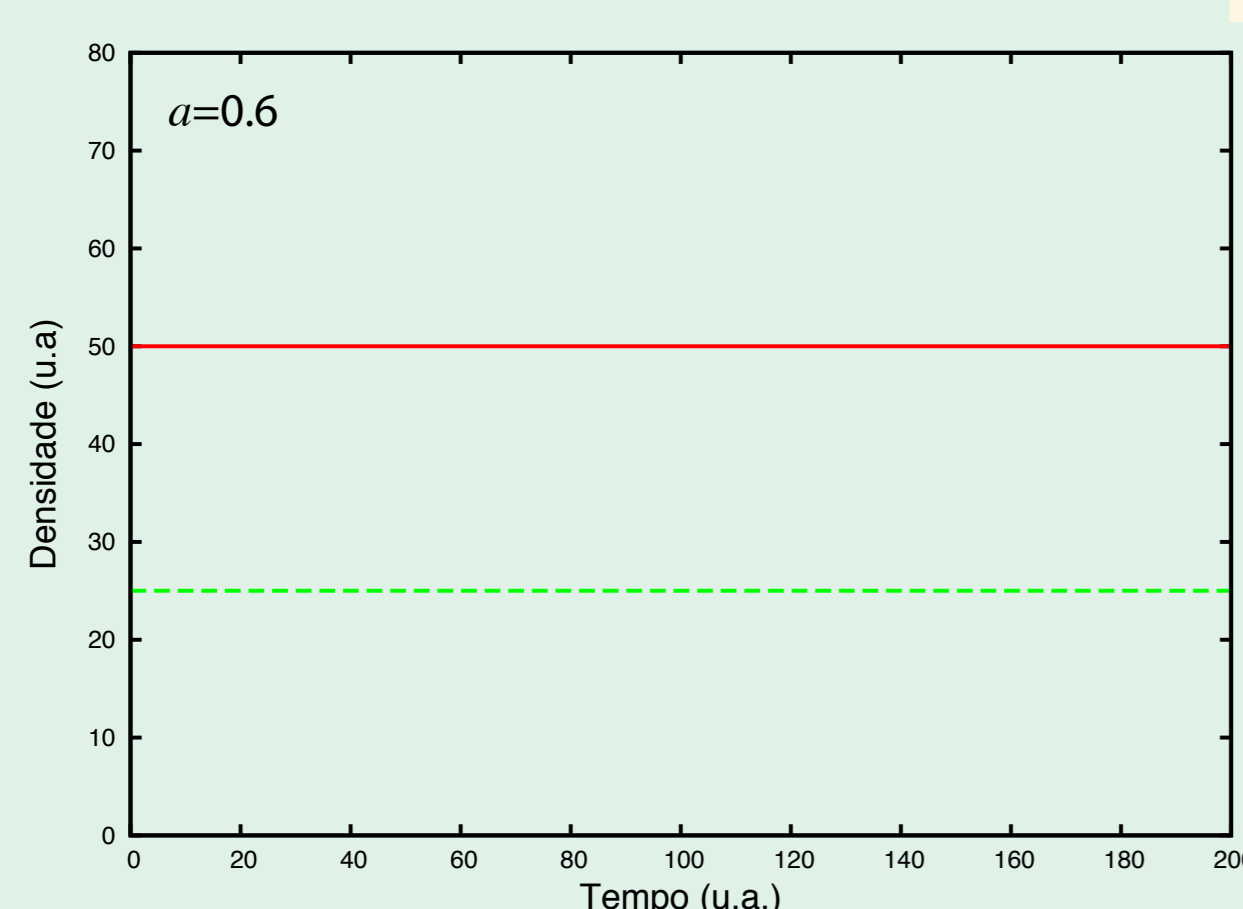
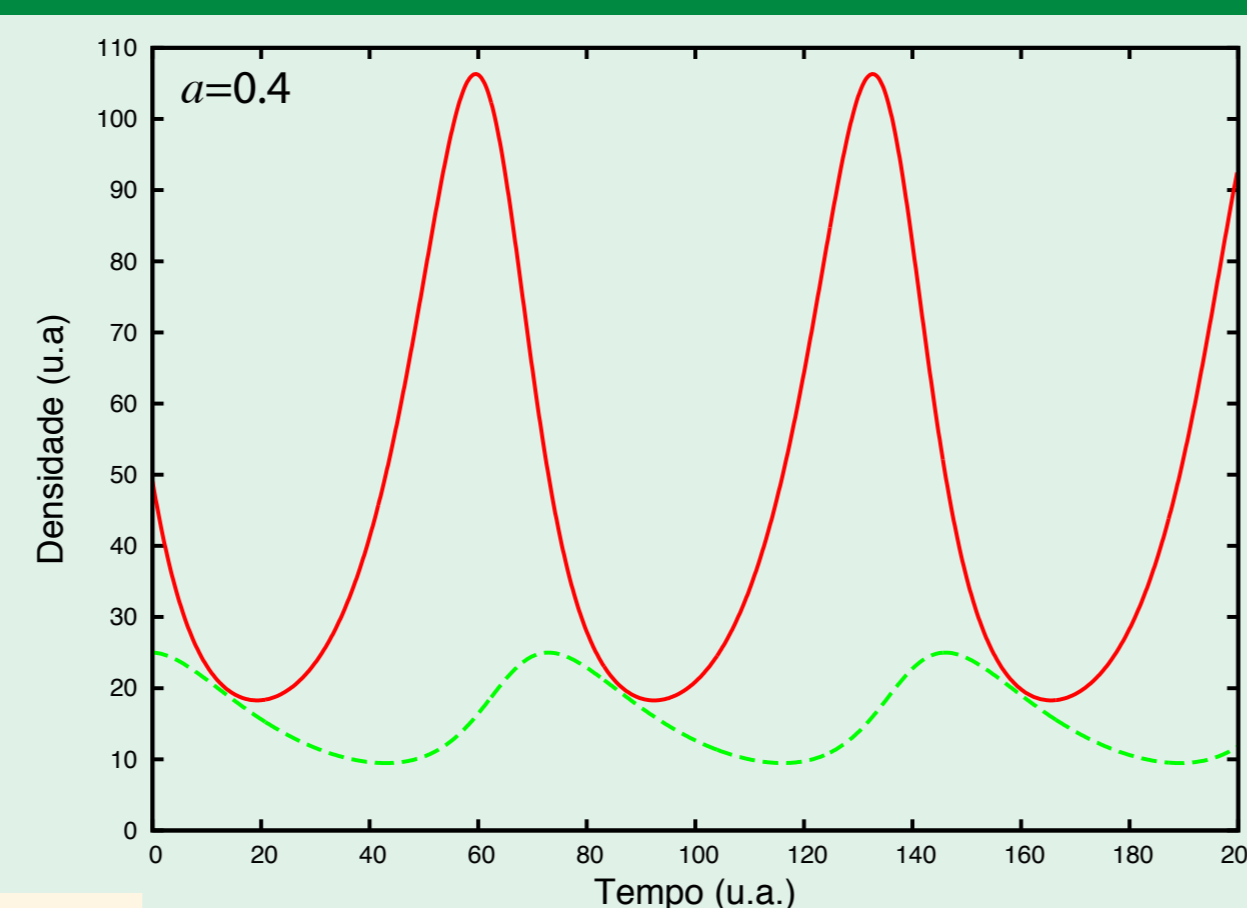
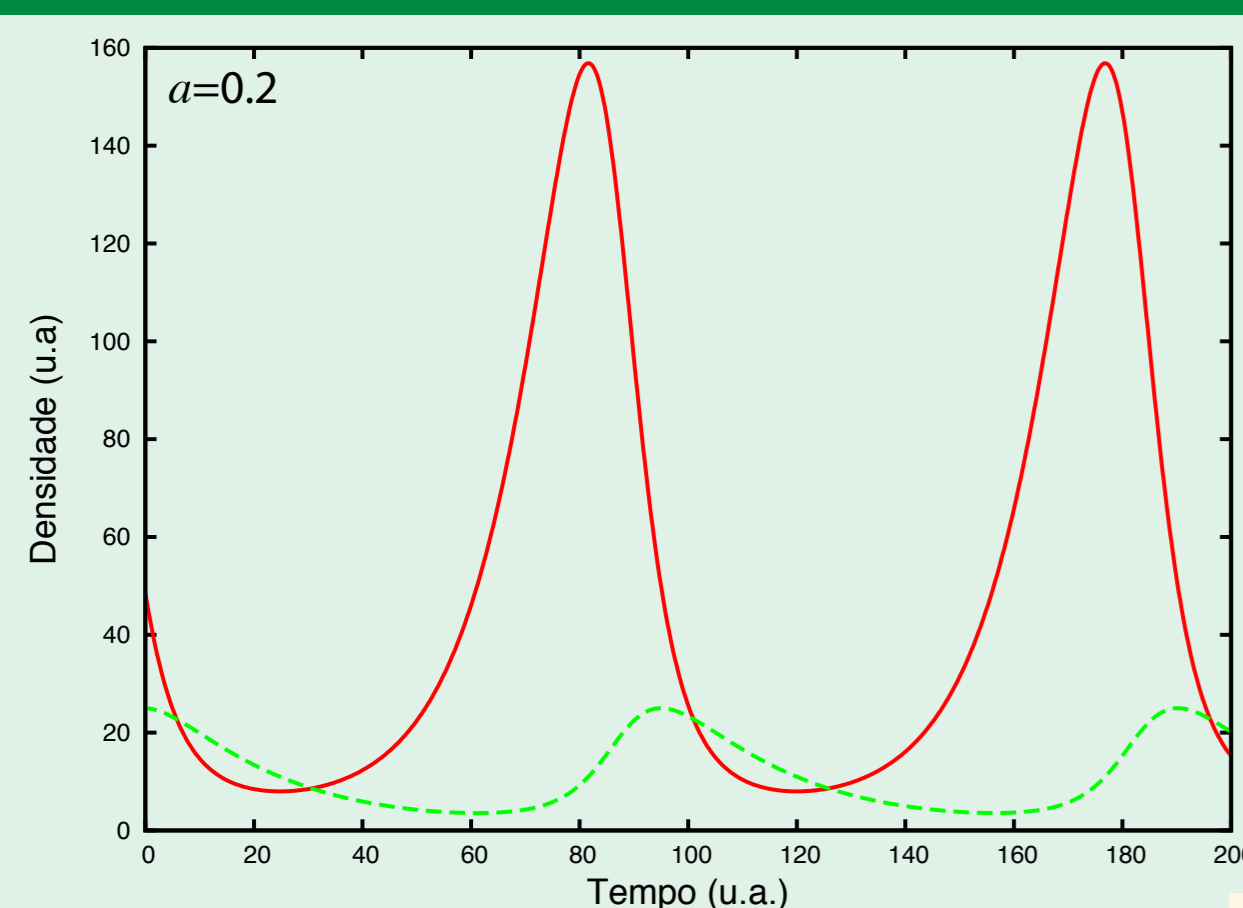
- ▶ Parámetros:

- ▶  $N$ : densidad de presa
- ▶  $P$ : densidad de depredadores
- ▶  $a$ : natalidad de la presa en un ambiente ideal
- ▶  $b$ : coeficiente de depredación de la presa por el depredador
- ▶  $c$ : tasa de reproducción del depredador por presa comida
- ▶  $d$ : tasa de mortalidad de depredadores

- ▶ Problemática

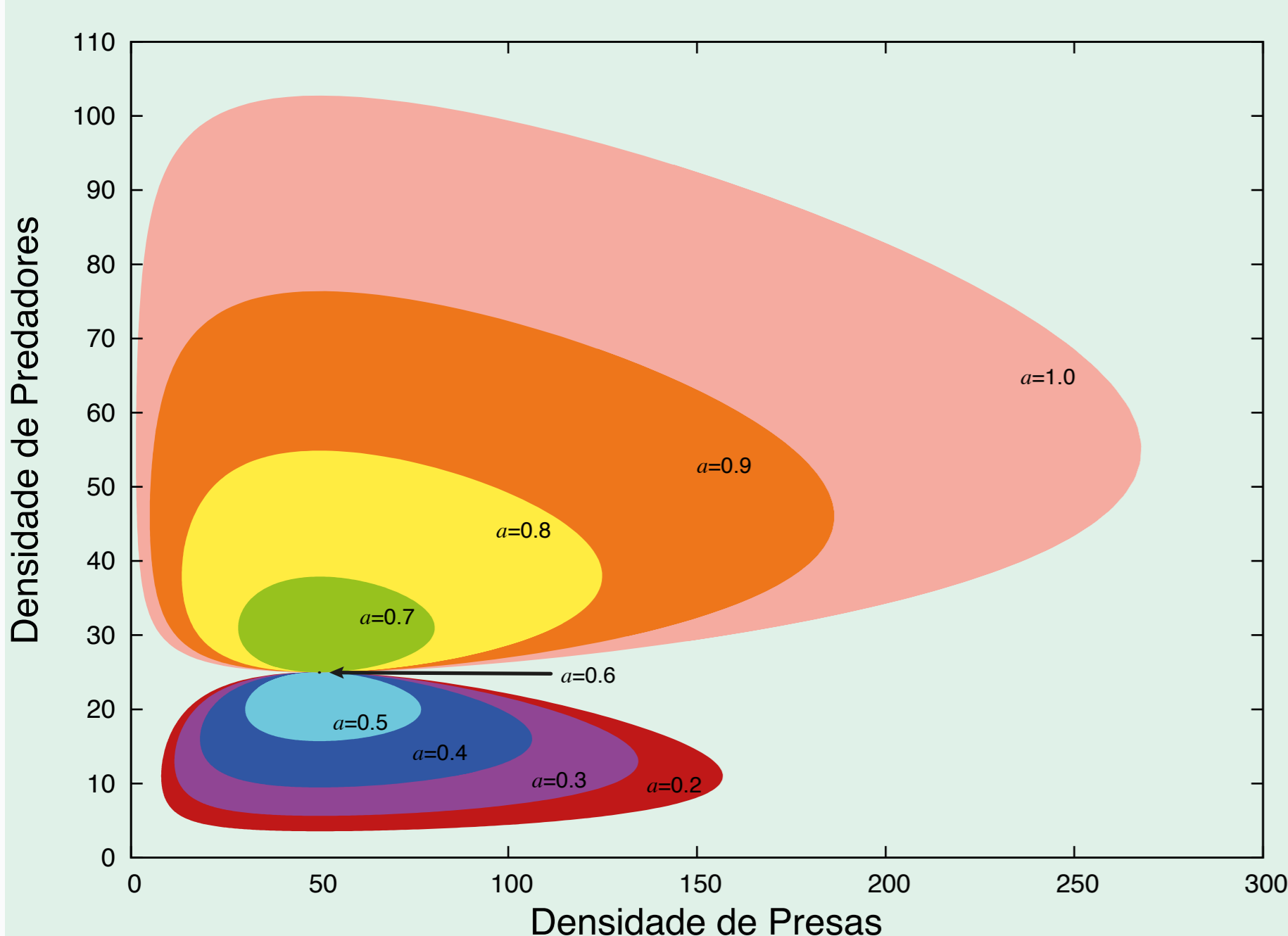
- ▶ En problema de los estudios de Lotka-Volterra es que solo tienen en cuenta la muerte por depredación y no por otros factores. Lo cual hace que este modelo sea insuficiente para explicar la realidad, ya que no modela problemas que incluyan parámetros climatológicos, fluctuaciones y propagación espacial de dos o más especies.

## Dinámica del sistema presa-depredador



Presa —  
Predador —

Densidad de población versus tiempo para diferentes valores de  $a$  para las condiciones iniciales  $N_0 = 25$  y  $P_0 = 50$ .



Fase en el plano XY para el sistema presa-depredador. La gráfica muestra la transición del periodo de un ciclo límite cambiando el parámetro  $a$ , con las mismas condiciones iniciales ( $N_0 = 25$  y  $P_0 = 50$ ).

## Modelo logístico con ruido estocástico

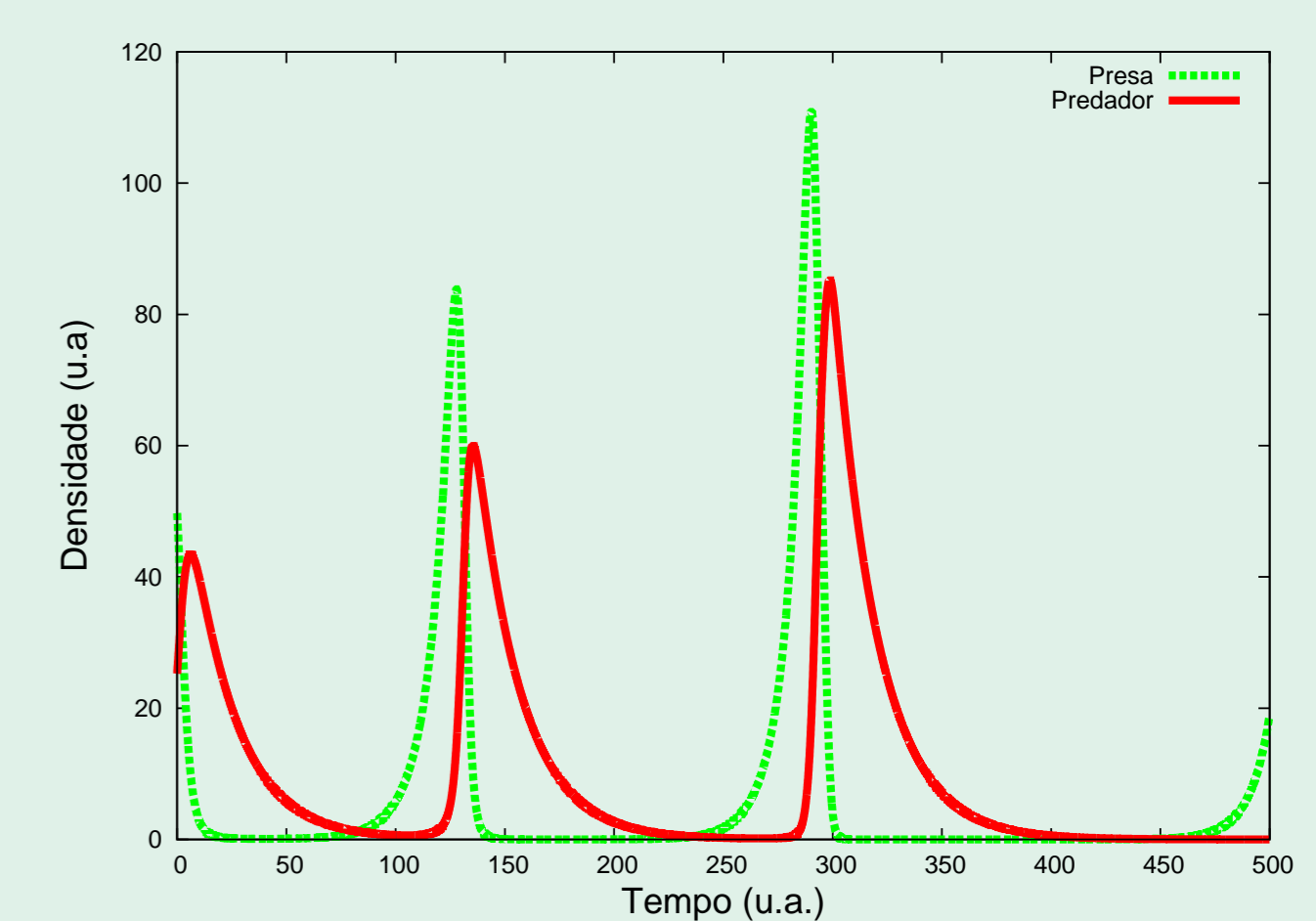
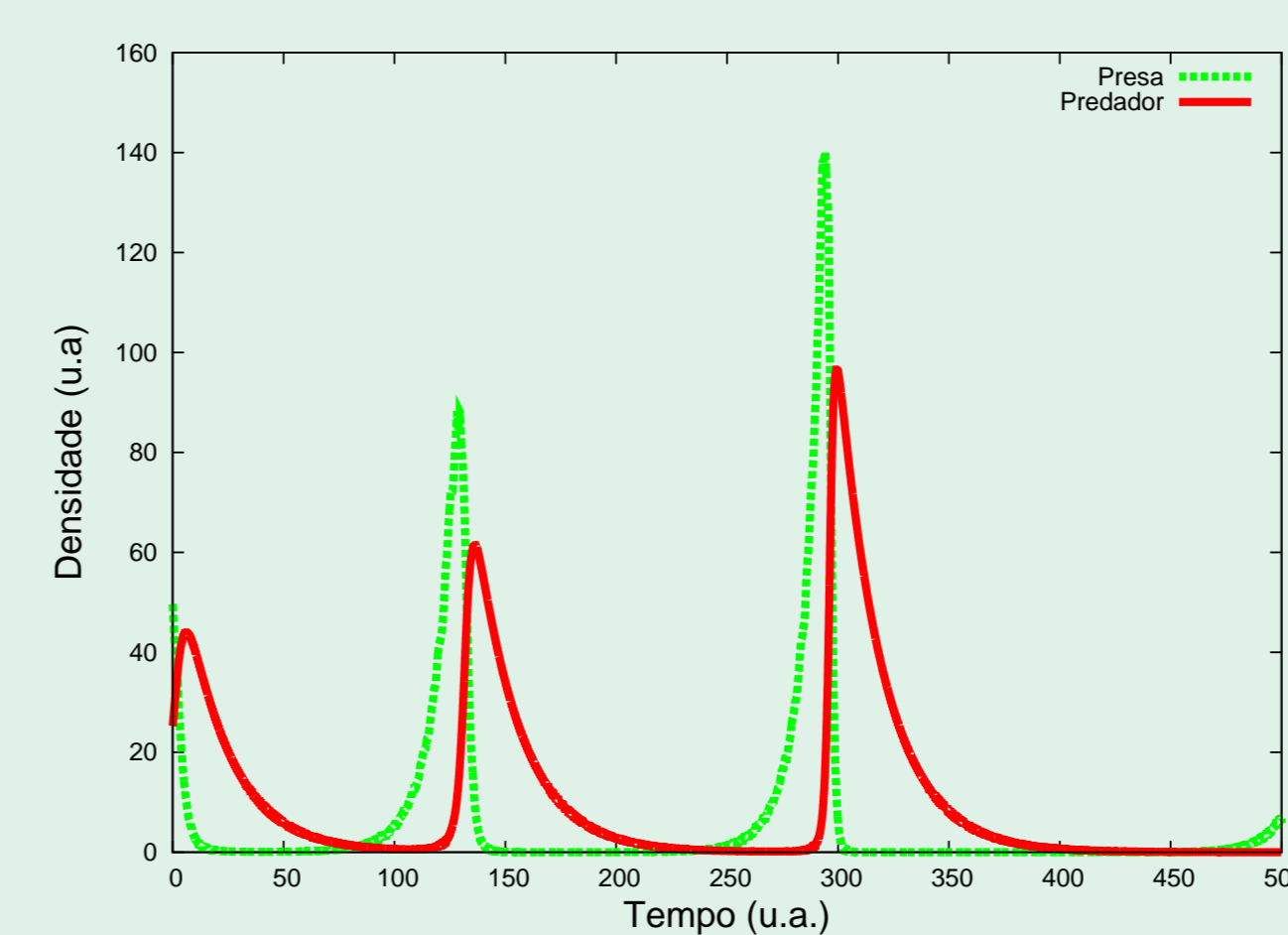
- ▶ El modelo logístico con ruido estocástico:

$$\frac{dN}{dt} = a[1 + br(t) + cN]N - dNP$$

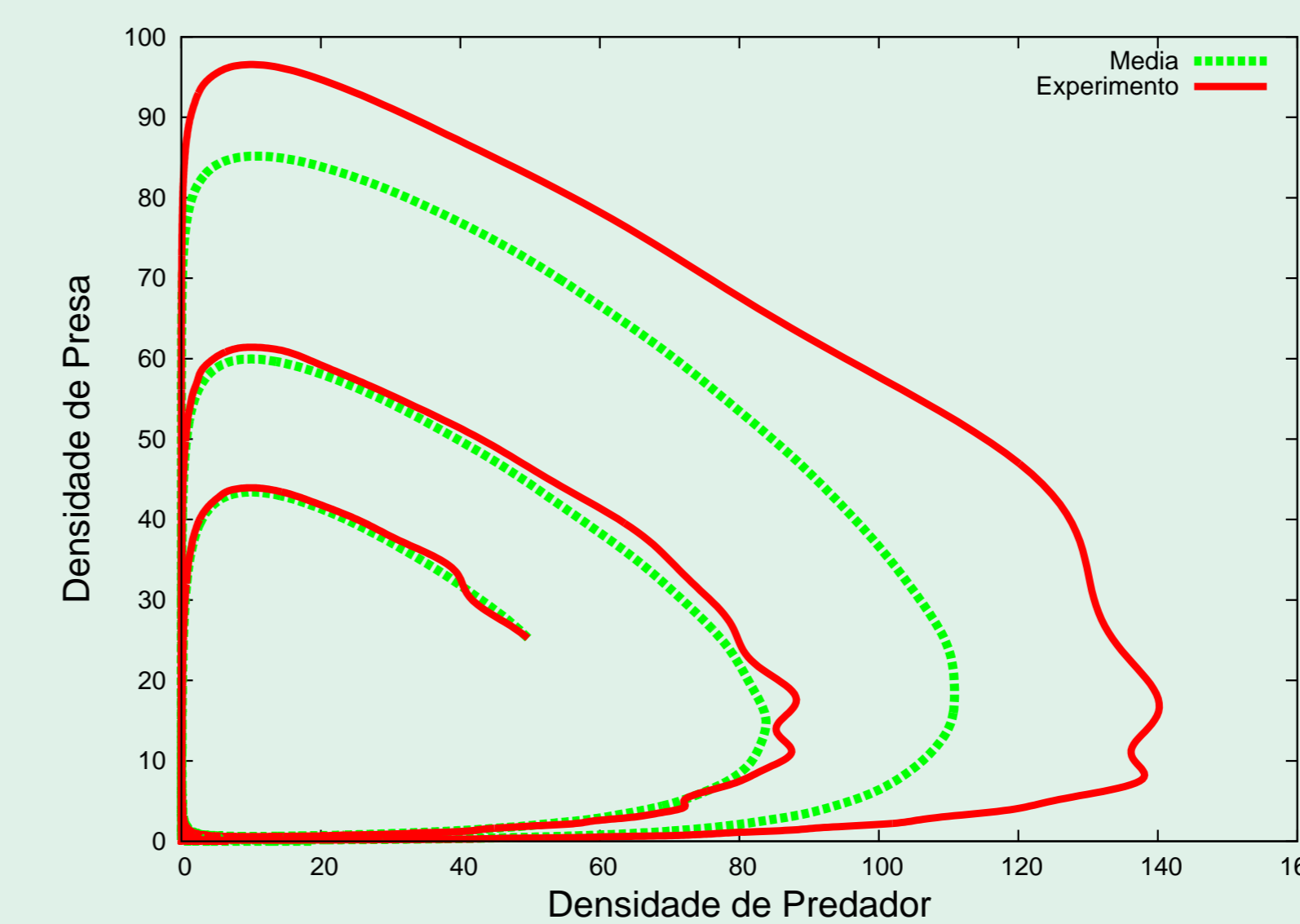
$$\frac{dP}{dt} = eNP - fP$$

- ▶ Parámetros:  $N$ : densidad de bacterias;  $P$ : densidad de depredadores naturales;  $a$ : tasa combinada para la reproducción y el hambre;  $b$ : coeficiente de incremento del ruido;  $r(t)$  término estocástico gaussiano;  $c$  tasa logística;  $d$  tasa de depredación depredador-bacteria;  $e$ : tasa de incremento del depredador;  $f$ : tasa de disminución del termino depredatorio.

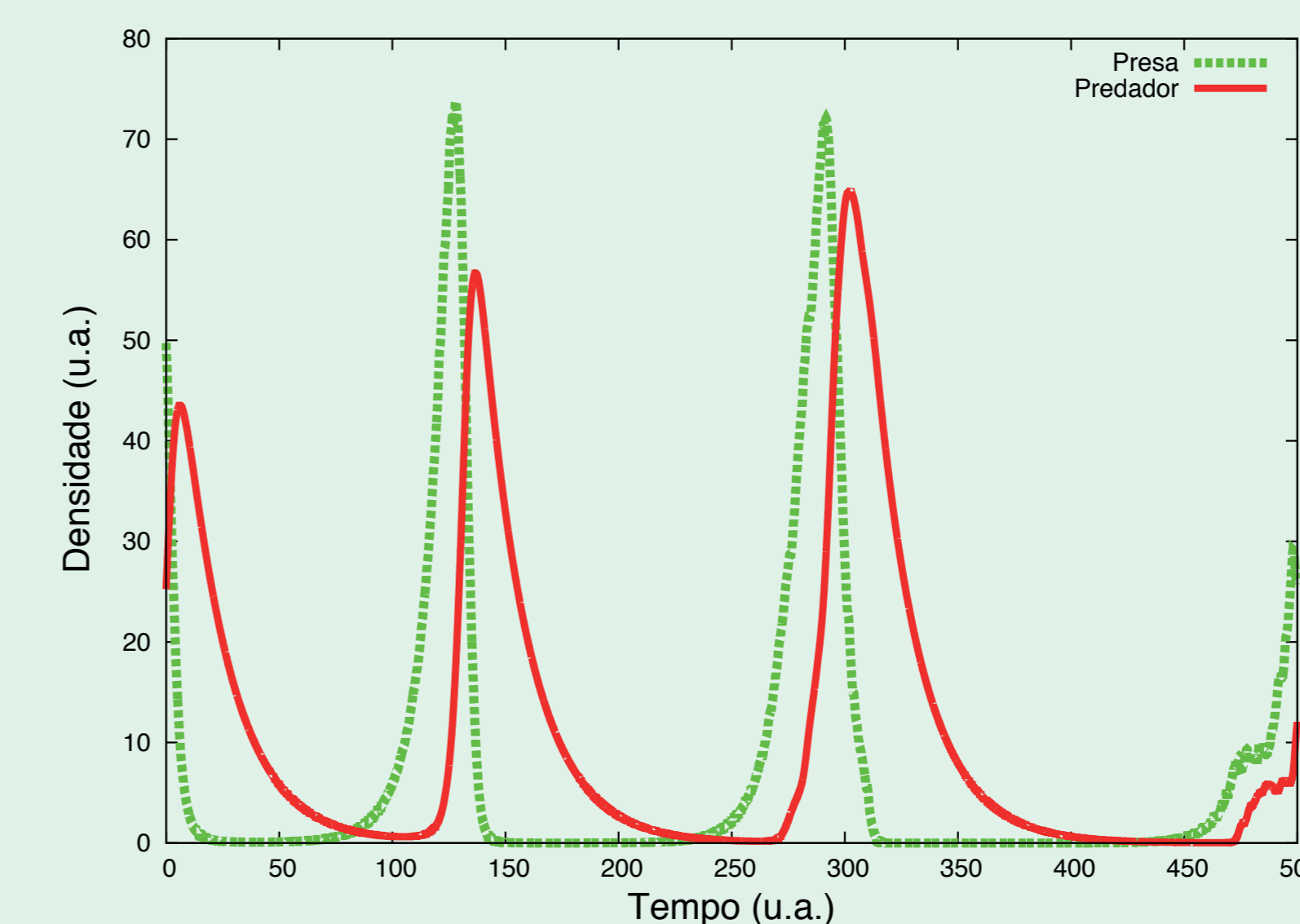
## Dinámica del sistema plantación-parasitoides-depredador



Densidad de población versus tiempo para  $a = 0.1$ ,  $b = 1.5$ ,  $c = 0.005$ ,  $d = 0.01$ ,  $e = 0.005$ ,  $f = 0.05$  y condiciones iniciales  $N_0 = 50$  y  $P_0 = 25$ . (Izquierda) Una única simulación. (Derecha) El promedio para 100 simulaciones.



Fase en el plano XY para el sistema bacteria-depredador. La gráfica muestra curvas cerradas en torno de uno atractor, disipando la energía.



Densidad de población versus tiempo cambiando los valores de  $b$  para  $a = 0.1$ ,  $c = 0.005$ ,  $d = 0.01$ ,  $e = 0.005$ ,  $f = 0.05$  y condiciones iniciales  $N_0 = 50$  y  $P_0 = 25$ . La gráfica corresponde a un promedio de 100 simulaciones.

## Conclusiones

- ▶ El nuevo modelo es aplicable a la dinámica poblacional de bacterias
- ▶ Cambiando algunos parámetros ajustables, hemos encontrado situaciones lejanas del equilibrio, en que las trayectorias se direccionan a un atractor
- ▶ Los efectos de disipación pueden conducir a un proceso de auto-organización (formación de padrones)

## Bibliografía

- ▶ **Arabnia 2011:** H. R. Arabnia y Q.-N. Tran (Eds.), *in: Software Tools and Algorithms for Biological Systems*, Londres: Springer, 2011.
- ▶ **Jacob 2000:** E. Ben-Jacob, I. Cohen y H. Levine, *Adv. Phys.* **49**, 395 (2000).
- ▶ **Briggs 2000:** C. J. Briggs, S. M. Sait, M. Begon, D. J. Thompson y H. C. L. Godfray, *Journal of Animal Ecology* **69**, 352 (2000).
- ▶ **Bonabeau 1997:** E. Bonabeau, G. Theraulaz, J. L. Deneubourg, S. Aron y S. Camazine, *Trends Ecol. Evol.* **12**, 188 (1997).