

*Universidad de los Andes*  
*Facultad de Ciencias*  
*Postgrado en Física Fundamental*

***Sensibilidad al Quórum  
en Sistemas Dinámicos***

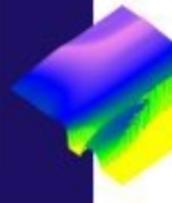
*Lic. Carlos Quintero*

Tutor: M. Cosenza



*Centro de Física Fundamental*  
*Área de Caos y Sistemas Complejos*

[www.ciens.ula.ve/cff/caoticos](http://www.ciens.ula.ve/cff/caoticos)



# Sensibilidad al Quórum (Quorum Sensing)

## Quorum Sensing (QS)

Se refiere al cambio en el comportamiento colectivo de un sistema de elementos interactivos en respuesta al cambio en el tamaño o densidad de su población .\*

### Comportamientos encontrados

- Sincronización de oscilaciones periódicas.
- Colapso de amplitud.

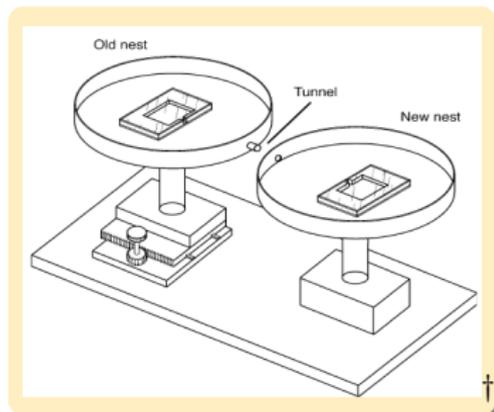
Aparecen cuando el sistema alcanza un tamaño o densidad crítica.

### ¿Donde se ha detectado?

- “Sistemas Sociales”.
- Sistemas Biológicos.
- Sistemas Químicos.
- Sistemas Físicos.

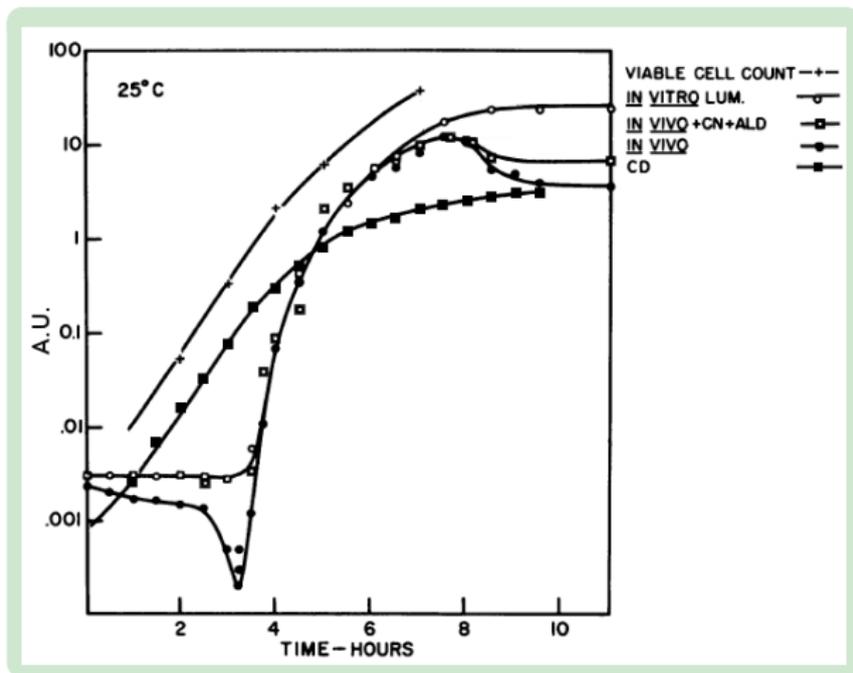
\*Chiang, W.Y. et al, Phys. Rev. E **84**, 041921 (2011).

†Pratt, S.C. Behavioral Ecology **16**, 488 (2005).



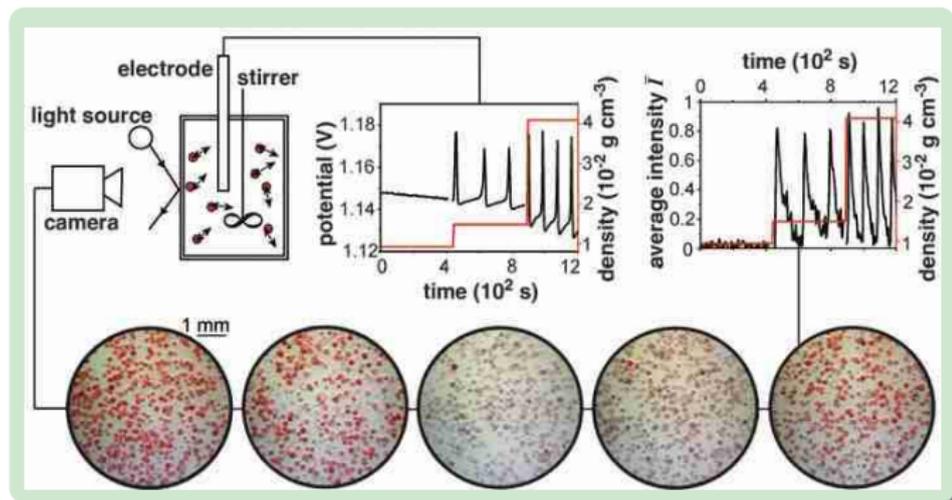
# QS en Sistemas Biológicos

Nealson, Kenneth H, Platt, Terry, and Hastings, J  
Woodland, Journal of Bacteriology **104**, 313–322 (1970)

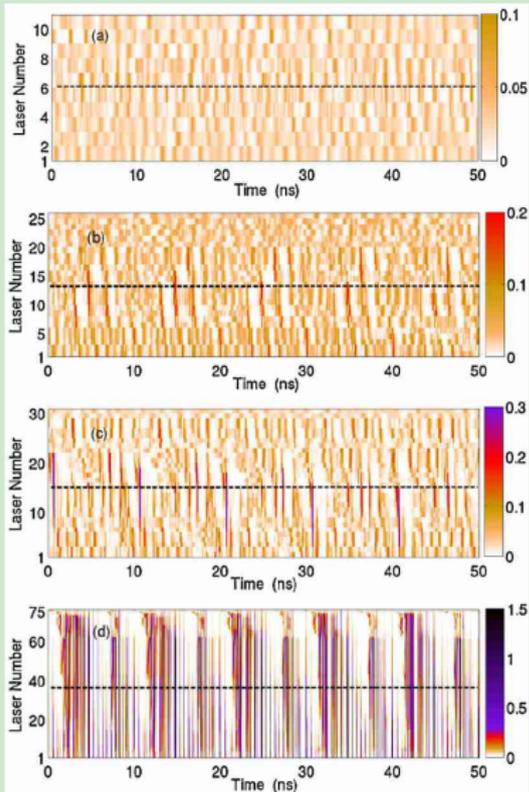


# QS en sistemas químicos

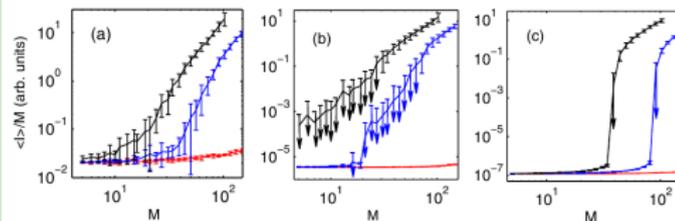
Taylor, A. F., Tinsley, M. R., Wang, F., Huang, Z., and Showalter, K., *Science* **323**, 614 (2009)



## QS en lasers



Zamora-Munt, Jordi, Masoller, C., Garcia-Ojalvo, Jordi, and Roy, Rajarshi, Phys. Rev. Lett. **105**, 264101 (2010)



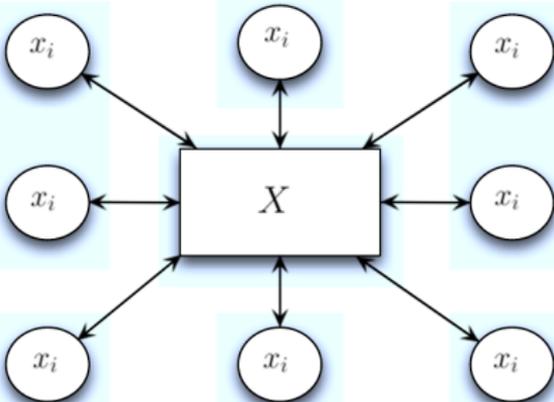
## Modelo dinámico de QS “(Acoplamiento con el ambiente)”

## Modelo Matemático Estándar

$$\frac{dx_i}{dt} = \mathbf{F}(x_i, \mathbf{p}_i) - D(x_i - \mathbf{X}) \quad (1)$$

$$\frac{d\mathbf{X}}{dt} = \frac{\rho}{N} \sum_i \mathbf{D}(x_i - \mathbf{X}) - \mathbf{J}\mathbf{X} \quad (2)$$

S. De Monte, F. d'Ovidio, S. Dano and P. G. Sorensen, PNAS,  
84,18377 (2007)



donde

- $x_i$  estados del elemento  $i$
- $\mathbf{F}$  dinámica local del elemento  $i$
- $\mathbf{p}_i$  parámetros locales
- $D$  parámetro de acoplamiento
- $\mathbf{X}$  estados del medio externo o ambiente
- $\mathbf{J}$  tasa de decaimiento del medio externo
- $\rho$  densidad de los elementos en el sistema, que se puede medir como  $\rho = \alpha \cdot N$
- $N$  número de elementos
- $\alpha$  cociente de volúmenes,  $\alpha \ll 1$

Modelo análogo al empleado en acoplamiento ambiental  
("environment coupling (EC)")  
G. Katriel, Physica D, **237**, 2933 (2008).

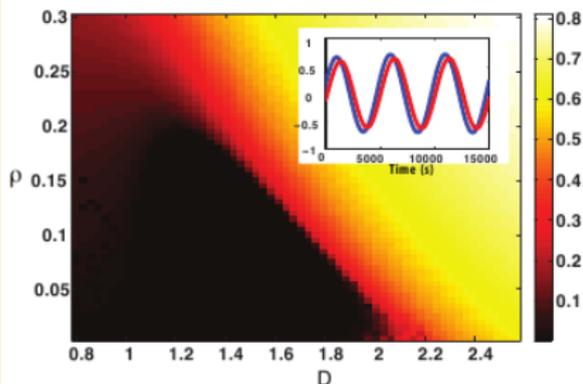
Estas literaturas (QS y EC) son, hasta ahora, independientes.

# QS en modelo de osciladores químicos acoplados

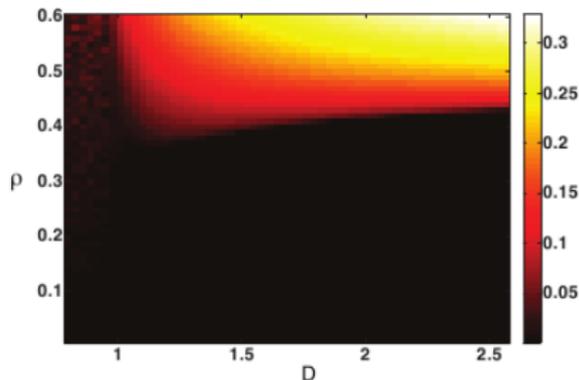
Schwab, D.J., Baetica, A., and Mehta, P., arXiv:1012.4863v1 (2010)

Amplitud promedio en el espacio de parámetros ( $\rho, D$ )

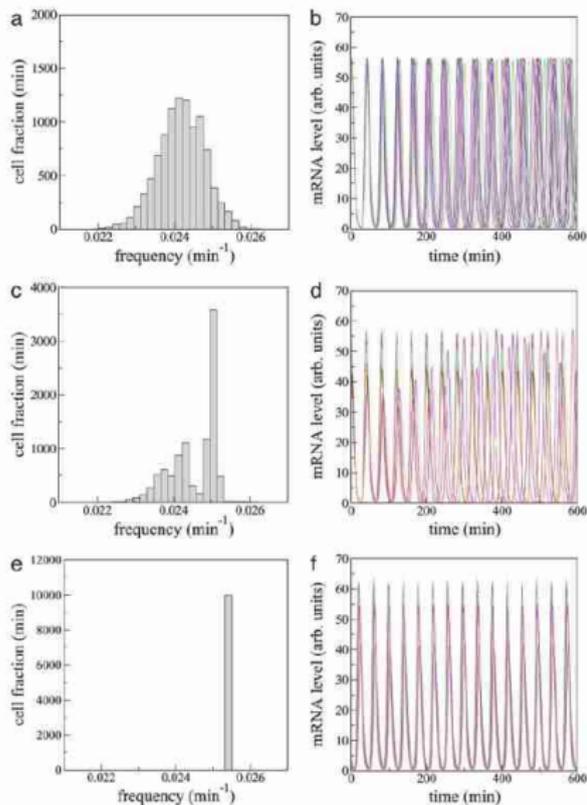
Parámetros locales homogéneos



Parámetros locales heterogéneos



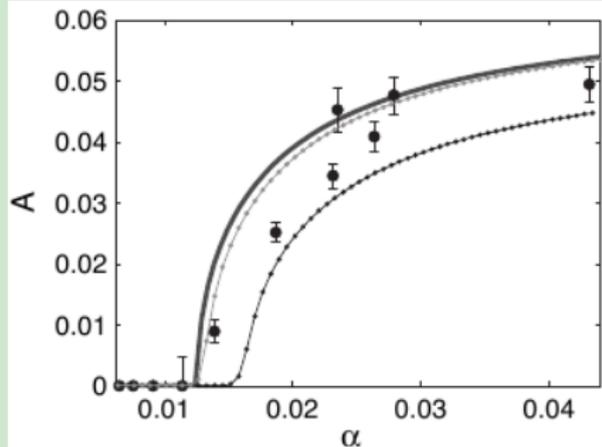
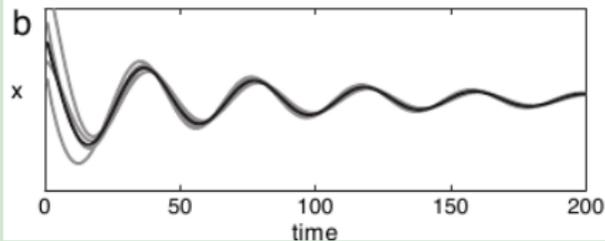
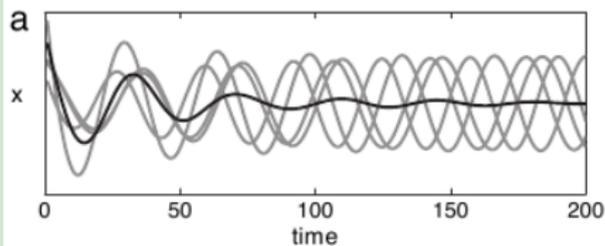
# QS Modelo de osciladores biológicos acoplados



Garcia-Ojalvo, J., Elowitz, M. B., and Strogatz, S. H., PNAS, **101**, 10955–10960 (2004)

# Densidad crítica para sincronización

De Monte et al, PNAS, **84**,18377 (2007)



# Conclusiones

- Detección de QS es un fenómeno relevante en muchos sistemas dinámicos (biológicos, químicos, físicos, sociales).
- Los modelos empleados en el estudio de QS contienen 2 ingredientes básicos:
  - 1 Acoplamiento difusivo de los elementos con un ambiente.
  - 2 Ambiente dinámico.
- Parámetros relevantes son la densidad, número de elementos y la intensidad del acoplamiento.
- Se ha estudiado principalmente la sincronización inducida por quorum.
- Hemos encontrado que los modelos para QS y EC son similares, pero ambas literaturas parecen independientes.
- Ideas para explorar:
  - 1 QS para sincronización caótica.
  - 2 Otros tipos de comportamientos: comportamiento colectivo no trivial, sincronización generalizada (elementos sincronizados entre sí, pero no con el ambiente).
  - 3 Influencia de la topología (conexiones locales).
  - 4 Buscar un marco unificado para la descripción de diversos procesos que parecen relacionados y que contienen interacciones globales (algunos han sido estudiados por separado en nuestro grupo).

## Conclusiones

Cosenza, M. G.; González, J., PTP, **100**, 21 (1998)

