Hexágonos reentrantes y caos espacio-temporal en convección no-Boussinesq

Santiago Madruga[1]

(1) Max Planck Institute for the Physics of Complex Systems
Noethnitzer Str. 38, 01187 Dresden, Germany
(santiago@mpipks-dresden.mpg.de)

Un gran número de sistemas sufre bifurcaciones desde un estado espacialmente homogéneo a un estado de complejas estructuras espacio-temporales. En los casos sencillos los patrones resultantes son ordenados en el espacio y el tiempo, y en los complejos llegan a ser caóticos. El origen y caracterización de patrones formados a partir de rollos se ha estudiado en gran detalle. Menos atención ha recibido sin embargo el caos espacio-temporal que surge a partir de un patrón hexagonal subyacente [1, 2]. Un sistema idóneo para estudiar estos estados es la convección no-Boussinesq (NB). Ésta tiene lugar cuando las propiedades de los fluidos dependen de la temperatura, y está caracterizada por un bifurcación subcrítica en el umbral de convección que da lugar a patrones hexagonales.

Los patrones hexagonales en convección NB son estables en el umbral, y pierden su estabilidad con respecto a los rollos cuando se incrementa la diferencia de temperatura a través de la capa líquida. Se ha asumido habitualmente que los hexágonos una vez perdida su estabilidad no vuelven a recobrarla. Sin embargo, encontramos que los hexágonos son capaces de recuperar su estabilidad en fluidos como el agua cuando los efectos NB son suficientemente grandes, dando lugar a los denominados *hexágonos reentrantes* [3, 4, 5].

Si además se incluye la rotación, se produce la rotura de la simetría quiral, y los hexágonos estables en el umbral se desestabilizan por medio de una inestabilidad secundaria de tipo oscilatorio, generando los llamados hexágonos oscilantes. Hemos encontrado dos nuevos estados para una capa de agua en rotación [6]. Para efectos NB pequeños, la bifurcación Hopf que da lugar a los hexágonos oscilantes es supercrítica y los estados típicos exhiben caos de defectos (ver figura 1), descrito por una ecuación Ginzburg-Landau cúbica. Para efectos NB grandes, la bifurcación Hopf se transforma en subcrítica y las oscilaciones exhiben 'bursts' caóticos localizados (ver figura 2), que pueden ser modelados por medio de una ecuación Ginzburg-Landau quíntica.

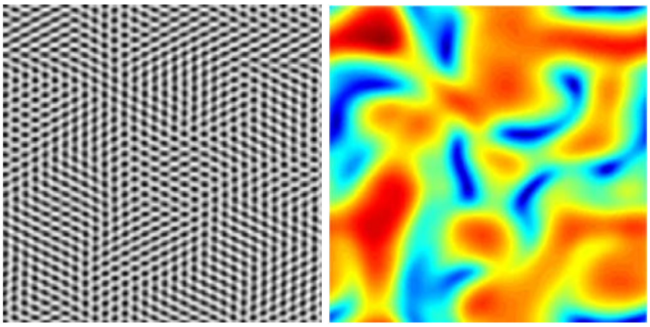

Figure 1: (en color) a) Estado desordenado de hexágonos oscilantes obtenido de la integración de las ecuaciones de Navier-Stokes para pequeños efectos NB en una capa de agua con temperatura media $T_0 = 14^o C$, número de Rayleigh crítico $R_c = 6141.3$, y número de Rayleigh reducido $\epsilon = 0.2$. b) Magnitud de la amplitud de oscilación de la figura a). Rojo (azul) indica grandes (pequeños) valores de la amplitud de oscilación.

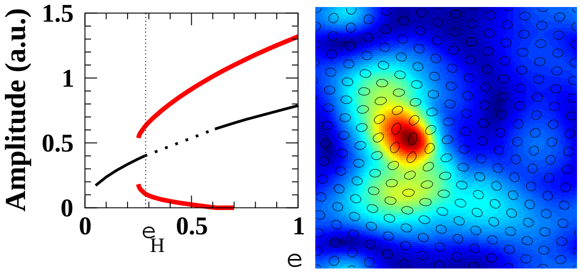

Figure 2: (en color) a) Diagrama de bifurcación de los hexágonos para el caso subcrítico. b) Estado de 'bursts' localizados obtenido en una capa de agua con $T_0 = 12^o C$, $R_c = 6121.9$, $\epsilon = 0.5$. Código de colores como en la primera figura. Los contornos muestran el patrón hexagonal subyacente.

References

[1] H. Riecke and S. Madruga. *Chaos* **16**, 013125 (2006).

[2] K. Krishan, M. Gameiro, K. Mischaikow, S. Madruga, H. Kurtuldu, and M.F. Schatz. *Submitted to Journal of Fluid Mechanics.*

[3] S. Madruga, H. Riecke, and W. Pesch. *J. Fluid Mech.* **548**, 341-360 (2006).

[4] S. Madruga and H. Riecke. *Submitted to Physical Review E.* http://arxiv.org/abs/nlin.PS/0602012.

[5] A. Roy and V. Steinberg. *Phys. Rev. Lett.* **88**, 244503 (2002).

[6] S. Madruga, H. Riecke, and W. Pesch. *Phys. Rev. Lett.* **96**, 074501 (2006).