

Un modelo de intercara difusa para la formación de patrones en fluidos magnéticos

Matteo Nicoli*, Rahul Bhavsar¹, Sébastien Nguyen², Hervé Henry² y Mathis Plapp²

*Departamento de Matemáticas y Grupo Interdisciplinar de Sistemas Complejos (GISC)

Universidad Carlos III de Madrid, Avenida de la Universidad 30, 28911 Leganés

¹ Indian Institute of Technology Guwahati, Guwahati 781039 Assam, India

² Laboratoire de Physique de la Matière Condensée (PMC),

Ecole Polytechnique, 91128 Palaiseau Paris, France

Un ferrofluido está compuesto típicamente de partículas ferromagnéticas nanométricas que se encuentran en suspensión en un solvente orgánico o en agua. La característica fundamental de estos líquidos es que se polarizan fuertemente en presencia de un campo magnético. Los ferrofluidos exhiben paramagnetismo; de hecho, debido a su gran susceptibilidad, se dice que son superparamagnéticos. Cuando se aplica un campo magnético vertical homogéneo a un contenedor lleno de ferrofluido, se observa la creación de un patrón formado por picos si la intensidad del campo supera un valor umbral. Este fenómeno se debe a la inestabilidad de campo normal o de Rosensweig.¹ Normalmente, la inestabilidad genera una matriz regular de hexágonos, pero aumentando la intensidad del campo magnético se puede observar una transición a un patrón formado por cuadrados.



La generación del patrón estacionario se debe a un balance entre la minimización de la energía magnética, la fuerza de gravedad y la tensión superficial: el ferroflu-

ido crea los picos para disminuir su energía magnética, mientras que las otras dos fuerzas intentan aplanar su superficie. En 1967, Cowley y Rosensweig estudiaron la estabilidad lineal de una capa infinita de ferrofluido no viscoso en el vacío,² y evidenciaron que en presencia de un campo magnético vertical, una perturbación en su superficie concentra el flujo magnético de modo que la fuerza magnética resultante amplifica ulteriormente la perturbación, mientras que la gravedad y la tensión superficial tienen un efecto estabilizador. Cuando la fuerza magnética supera las fuerzas estabilizadoras, se desarrolla la inestabilidad formada por el patrón de picos.

El estudio analítico de estos sistemas es muy arduo más allá del régimen lineal, de forma que normalmente se utilizan modelos numéricos para simular su comportamiento.³ En esta comunicación presentamos un modelo de intercara difusa (*phase-field*) para estudiar la inestabilidad de Rosensweig en un sistema formado por un ferrofluido y aire. El modelo puede reproducir la forma y la altura de los picos (*soliton-like*), el fenómeno de histéresis asociado a la amplitud del patrón que se encuentra en los experimentos,⁴ así como la transición hexágonos-cuadrados.

* nmatteo@math.uc3m.es

¹ R.E. Rosensweig, *Ferrohydrodynamics* (Cambridge University Press, Cambridge, England, 1985)

² M.D. Cowley y R.E. Rosensweig, *J. Fluid Mech.* **30**, 671 (1967).

³ C. Gollwitzer, G. Matthies, R. Richter, I. Rehberg y L. Tobiska, *J. Fluid Mech.* **571**, 455 (2007).

⁴ R. Richter y I.V. Barashenkov, *Phys. Rev. Lett.* **94**, 184503 (2005).