

**Plan de Trabajo:** Termodinámica, estructura y magnetismo de nanocristales de vórtices

**Director:** Yanina Fasano – Bajas Temperaturas, [yanina.fasano@cab.cnea.gov.ar](mailto:yanina.fasano@cab.cnea.gov.ar)

**Área:** Materia Condensada      **Características:** trabajo experimental

**Descripción:**

La demanda de una creciente miniaturización de los dispositivos tecnológicos basados en materiales funcionales requiere una mayor comprensión de cómo se ven afectadas las transiciones de fase al reducir los sistemas a escala nanoscópica (algunos cientos de partículas). En el caso de componentes de materia condensada dura, las propiedades físicas y fases estables de los nanocristales dependen fuertemente de su tamaño y su forma. La reducción del tamaño del sistema produce una disminución notable de las propiedades termodinámicas (temperatura, entalpía, entropía) de las transiciones de fusión [1], sólido-sólido de primer orden [2], magnéticas y superconductoras [3]. Esta fenomenología se atribuye a la reducción de la energía de ligadura total del nanocristal, con una alta proporción de partículas en la superficie con menor energía de ligadura que las del carozo. Sin embargo, aún es necesario entender los efectos de las anisotropías electrónicas intrínsecas de los nanocristales y de la geometría y tamaño de las muestras (efecto de confinamiento).

Los vórtices en superconductores de alta temperatura crítica es un sistema de materia condensada blanda en el que estas preguntas abiertas pueden ser exploradas fácilmente debido a que las energías relevantes se ajustan mediante parámetros de control externo y desorden introducido a las muestras.[4] El número de partículas del nanocristal de vórtices puede ajustarse nucleando vórtices a campos magnéticos bajos en muestras superconductoras micro-fabricadas. La energía de ligadura de los vórtices del nanocristal depende de la interacción entre vórtices que puede ajustarse cambiando el campo magnético y el material superconductor ya que la longitud de penetración afecta a esta interacción.

Recientemente hemos estudiado este tema en nanocristales de cientos de vórtices del material superconductor de alta Tc anisotrópico Bi<sub>2</sub>Sr<sub>2</sub>CaCu<sub>2</sub>O<sub>8</sub>. Hemos encontrado que, a pesar de reducir el tamaño del sistema a cien vórtices, no se observa una reducción de la temperatura de fusión de primer orden [5], en contraste con resultados en materia condensada dura[1]. Sin embargo, se observa una reducción del salto de entropía en la transición de fusión en nanocristales de hasta mil vórtices, en comparación con el caso de la materia de vórtices macroscópica.[5] Hemos realizado estudios preliminares que relacionan esta disminución con una degradación del orden estructural de los nanocristales de vórtices que presentan defectos topológicos en exceso respecto a la materia de vórtices macroscópica.

En este trabajo proponemos utilizar técnicas locales para estudiar propiedades termodinámicas, estructurales y magnéticas aún no exploradas en esta problemática. Una pregunta abierta es si la disminución del salto de entropía ocurre de forma gradual al reducir el número de vórtices o si es abrupta, y cómo depende la misma del largo de los vórtices. Para considerar todos los términos que contribuyen al salto de entropía es necesario también obtener información sistemática sobre las propiedades estructurales de los nanocristales de vórtices confinados en muestras de distintos tamaños y simetrías. Se propone fabricar en la sala limpia del CAB muestras circulares y cuadradas de entre 200 y 10  $\mu\text{m}$  de tamaño (entre 100 y 5000 vórtices), y con espesores entre 1000 y 100 nm. Se estudiarán las muestras en Bajas Temperaturas aplicando magnetometría Hall local (detección en  $16 \times 16 \mu\text{m}^2$ ) con bajo nivel de ruido (0.2Gauss) y decoración magnética de vórtices individuales.

[1] A. N. Goldstein, C. M. Echer, and A. P. Alivisatos, Science 256, 1425 (1992).

[2] S. H. Tolbert and A. P. Alivisatos, Science 265, 373 (1994).

[3] G. Guisbiers and L. Buchaillot, Phys. Lett. A 374, 305 (2009).

[4] G. Blatter et al., Rev. Mod. Phys. 66, 1125 (1994).

[5] M. I. Dolz, Y. Fasano, et al., Phys. Rev. Lett. 15, 137003 (2015).