

# **PROPUESTA DE TESIS DE MAESTRÍA EN CIENCIAS FÍSICAS**

## DATOS GENERALES DE LA PROPUESTA

Título de la propuesta: **Acople magnetoeléctrico en perovskitas multiferroicas.**

Apellido y Nombres del director: **Sánchez Rodolfo Daniel**

Teléfono: **02944337112**

Dirección electrónica del director (ingresar una sola dirección): **rodolfo.sanchez@ib.edu.ar**

Cargo IB: **Profesor Asociado**

¿Propone codirector? : **NO**

Datos Co-director:

Dirección electrónica del codirector (ingresar una sola dirección):

Título máximo alcanzado del codirector (Doctor, Magister, otros) :

Cargo docente del codirector en el IB (no excluyente):

Justifique brevemente el rol del Codirector:

Lugar de realización: **Resonancias Magnéticas e Instituto de Nanociencia y Nanotecnología**

## DETALLE TÉCNICO DE LA PROPUESTA

Orientación:

**Ciencia de Materiales**

**Materia Condensada**

Breve descripción: **Desde un punto de vista histórico, se solía clasificar los compuestos iónicos y que incluyen metales de transición entre aquellos que presentan momentos magnéticos y aquellos que presentaban momentos dipolares eléctricos. Tener una propiedad u otra eran excluyentes [Lottermoser -2020]. Sin embargo, recién a partir de 1994, el termino multiferroico comenzó a figurar en la bibliografía científica. [Schmid-1994]**

**Se define un material ferroico si es ferroeléctrico, ó ferromagnético ó ferroelástico (aquel que presenta tensión espontánea sin estiramiento). En los casos donde se combina al menos dos de estas características, es lo que se llama, hoy, un material multiferroico. [Spaldin-2005], [van den Brink-2008] Los multiferroicos más interesantes son los magnetoeléctricos (ME), ya que permiten crear magnetización mediante la aplicación de campos eléctricos. [Cheong 2007] Esto supone una reducción de los costos energéticos, ya que para crear magnetización mediante campos magnéticos, como se hace usualmente, son necesarias corrientes eléctricas elevadas. Desde este punto de vista, un material con propiedades multiferroicas (magnéticas y ferroeléctricas) a temperatura ambiente, ayudaría a crear una nueva generación de dispositivos de almacenamiento de información con bajo consumo. Se estima que se reduciría el consumo energético del proceso de grabación de la información hasta diez veces y, por tanto, se lograrían aparatos mucho más eficientes. [Hu 2016]**

**Existen varios mecanismos microscópicos que permiten explicar la coexistencia de dos o más ordenes ferroicos como: i) par electrónico suelto; ii) ferroelectricidad geométrica, iii) orden de carga; iv) ferroelectricidad inducida por magnetismo donde a su vez puede ser debida a inversión de Dzyaloshinskii-Moriya, frustración magnética, interacciones simétricas de intercambio o hibridaciones de tipo d-p.**

**Más recientemente, un extenso trabajo de Bersuker, intenta clasificar y explicar la multiferroicidad y**

efectos magnetoeléctricos observados en diferentes compuestos con estructura de perovskita ABO<sub>3</sub>. Destaca el rol del espín electrónico del ion del metal de transición B(dn). Particularmente, interpreta que la polarización es disparada por inestabilidades en los centros B locales de polarización (octaedros [B(dn)O<sub>6</sub>]), denominando pseudo Jahn-Teller (PJTE) al efecto. La distorsión local dipolar de las unidades centrosimétricas, causadas por el PJTE, tiene lugar con el acoplamiento vibracional entre los estados electrónicos. Aquí, empieza a jugar un rol importante las posibles configuraciones de alto y bajo espín electrónico de los iones de metales de transición que ocupan el sitio B. [Bersuker-2022]

**Propuesta:** En este marco, partiremos de compuestos conocidos como el LaFeO<sub>3</sub>, que es un antiferromagneto a 750 K y haremos sustituciones de La por Gd u otras tierras raras más pequeñas como Lu, los cuales forman perovskitas hexagonales (h-ABO<sub>3</sub>), donde el magnetismo, simultáneamente lleva a la formación de momentos dipolares eléctricos (multiferroicos de tipo-II), presentan ambas propiedades a temperatura ambiente, haciéndolo ideales para aplicaciones.

[Chowdhury-2014] Las sustituciones químicas resultan interesantes ya que pueden estabilizar alguna de las fases ferroicas, por ejemplo reemplazando en el sitio A, el Lu por Sc. [Yang-2020], o hacerlo en el sitio B [Ateia-2020] al reemplazar Fe por Co. También otras de las variables que pueden disparar e inducir las fases ferroicas es el control del tamaño de grano. [Kundu-2019]

**Antecedentes:** Nuestros trabajos previos incluyen desarrollos de nuevas variantes del método de sol-gel [Vazquez-vazquez-1998], técnicas de spray pirólisis [Saleta-2011] y una amplia trayectoria en caracterización de nuevos materiales desde el punto de vista magnético. En lo que respecta a experiencia en multiferroicos, el Dr. Sánchez ha codirigido la tesis de Fernando Pomiro [Pomiro-2016] y se publicaron varios artículos sobre el tema [Pomiro-2016-PRB], [Bolletta-2018] [Pomiro-2017].

También, dirigió la tesis de Javier Lohr, donde se montaron varias técnicas de importancia para caracterizar la parte ferroeléctrica u orden de momentos dipolares eléctricos (ciclos ferroeléctricos, Impedancia compleja, capacidad eléctrica, corrientes piroeléctricas y el acople magnetoeléctrico a temperatura ambiente). [Lohr-2017] Hemos estudiado compuestos ferroeléctricos [Lohr-2018] y estrategias alternativas como la de formar un composito entre un material ferromagnético y otro ferroeléctrico. [Lohr, 2016], y otros compuestos multiferroicos con ferroelectricidad debido a condicionamientos de frustración geométrica [Lohr-2020].

**Metodología:** En los puntos siguientes se hace una descripción general de cómo se llevarán adelante los pasos o metodología para concretar el plan propuesto.

A) Fabricación de perovskitas. Síntesis y fabricación de perovskitas del tipo ortoferritas y/o hexagonales con propiedades multiferroicas a partir de métodos de cerámicos, ó de vía húmeda como sol-gel y calcinación de aerosoles de soluciones acuosas con tierras raras y metales de transición.  
B) Caracterización: por difracción de rayos-X, microscopía electrónica de barrido (SEM), de transmisión (TEM) y por microanálisis elemental (EDS). A través de mediciones de susceptibilidad de se estudiarán el comportamiento magnético de estos materiales en función de temperatura y campo magnético aplicado. Se determinarán las transiciones de orden magnético y las características de este orden.

C) Caracterización de propiedades ferroeléctricas. Impedancia Compleja, Capacidad Eléctrica y Pérdidas, Corrientes piroeléctricas, Ciclos Ferroeléctricos y Acople Magnetoeléctrico con técnicas de lock-in.

D) Interpretación y análisis de los resultados Preparación de manuscritos y comunicación de resultados.

**Factibilidad:** En el Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (INN), es una UE de doble pertenencia entre la Comisión Nacional de Energía Atómica y el CONICET. En general, la infraestructura y servicios están cubiertos por la CNEA.

[Lottermoser-2020] Physical Sciences Reviews, 6(2) (2020)

[Schmid-1994] Ferroelectrics. 1994;162:317

[Spaldin-2005] Science 309, 391-392

[van den Brink-2008] Phys.: Cond. Matter 20, 434217

[Cheong-2007] Nature materials,6, 13-20

[Hu-2016] Adv. Mater.28, 15-39

[Bersuker-2022] Magnetochemistry 2022, 8, 9.

[Chowdhury-2014] Applied Physics Letters, 105(5), 052911

[Yang-2020] Journal of Alloys and Compounds, 157137

[Ateia-2020] Applied Physics A, 126(5).

[Kundu, 2019] Modern Physics Letters B, 1050242

arreglos simples y ordenados de nanotubos y nanohilos de óxidos”, Instituto Balseiro - UNCuyo, (2011).

[Pomiro 2016] Fernando Pomiro “Nuevos Materiales con potenciales propiedades magnetoeléctricas: Influencia de los cationes de los bloques d y f”, F. de Ciencias Químicas - UNCórdoba (2016).

[Pomiro-2016-PRB] Phys. Rev. B 94, 134402 (2016)

[Pomiro-2017] Mat. Res. Bull. 94 472–482 (2017)

[Bolletta-2018] Phys. Rev. B 98, 134417 (2018)

[Lohr-2017] Javier Lohr “Propiedades eléctricas y magnéticas en óxidos multiferroicos y en materiales nanoestructurados.” Instituto Balseiro - UNCuyo (2017).

[Lohr-2016] J. Appl. Phys. 120, 074103 (2016); <http://dx.doi.org/10.1063/1.4960697>

[Lohr-2018] Phys. Rev. B 98, 134405 (2018)

[Lohr-2020] Phys. Rev. B, 102, 134406 (2020).

Metodología principal: **Experimental**

Metodología secundaria: **Fenomenológico**

Información adicional:

¿Propone que el tema sea considerado para suplemento de beca por tema prioritario?**NO**

Justifique porqué su propuesta debe ser considerada como tema prioritario:

Indique Gerente o Jefe de Departamento que avala su petición: