

# Optimizando sensores cuánticos por resonancia magnética nuclear para caracterizar procesos físicos, químicos, biológicos y de interés en medicina

## Propuesta de tesis para la Maestría en Ciencias Física

**Lugar de trabajo:** Laboratorio de Espectroscopia e Imágenes por Resonancia Magnética Nuclear - Departamento de Física Médica - Centro Atómico Bariloche

**Director:** Dr. Gonzalo A. Alvarez (Física - CAB),

**Codirector:** Dra. Analia Zwick (Física - CAB)

**Colaboradores:** Dr. Lucio Frydman (Instituto Weizmann, Israel), Dr. Noam Shemesh (Champalimaud Centre for the Unknown), Dr. Dieter Suter (Universidad de Dortmund, Alemania), Dr. Gershon Kurizki (Instituto Weizmann, Israel)

**Orientación:** Materia Condensada

**Orientación alternativa:** Física en Medicina y Biología

**Metodología:** Experimental y/o Teórica (según tu interés y vocación)

**Contacto:** [gonzalo.alvarez@cab.cnea.gov.ar](mailto:gonzalo.alvarez@cab.cnea.gov.ar)

El desarrollo de tecnologías cuánticas es un campo de gran crecimiento e importancia actual. Propiedades específicas de sistemas cuánticos son explotadas para mejorar el desempeño de numerosas aplicaciones que requieren la transmisión, el proceso y/o monitoreo de la información cuántica. Estas tecnologías sirven por ejemplo para simular sistemas cuánticos, para hacer cálculos complejos de forma más rápida que con las computadoras clásicas convencionales o para usarlos como sensores a escalas moleculares, nanométricas y micrométricas con fuertes aplicaciones en el ámbito físico, químico, biológico y médico.

El gran desafío a afrontar para el desarrollo de estas nuevas tecnologías, es que los sistemas cuánticos son muy sensibles al medioambiente con el cual inevitablemente interactúan [1]. Estas interacciones degradan las propiedades cuánticas indispensables para estas nuevas tecnologías, como las coherencias o el entrelazamiento cuántico. Sin embargo, esta misma interacción con el ambiente puede ser utilizada como una herramienta si es controlada de forma adecuada tanto para el monitoreo del ambiente [2-4] o como proceso de control para hacerlo más robusto o eficiente [5-6]. Es entonces esencial controlar la interacción entre el dispositivo y su medio ambiente, para suprimir los efectos indeseados del ambiente, mientras que la interacción necesaria para que los dispositivos funcionen de la forma deseada se mantenga.

Con esta tesis se contribuirá al desarrollo de nuevas tecnologías cuánticas y aplicaciones en física, química, biofísica y medicina basadas en espectroscopia e imágenes por resonancia magnética nuclear a través de la explotación y desarrollos de conceptos fundamentales de la mecánica cuántica. Se combinarán técnicas de control cuántico en resonancia magnética con herramientas de teoría de la información cuántica [4,7], para desarrollar métodos para utilizar espines nucleares o electrónicos como sensores cuánticos para caracterizar su entorno a escalas moleculares, nanométricas y micrométricas [2-5,7-12]. El objetivo principal es extraer y controlar información de utilidad para monitorear una gran variedad de procesos a estas escalas que tanto en el corto, como en el largo plazo produzcan nuevos métodos no invasivos para el diagnóstico y estudio de enfermedades y de procesos biológicos en animales y seres humanos. Sensores cuánticos en estos casos pueden ser los espines nucleares de moléculas intrínsecas a sistemas biológicos (ej. protones del agua), o dispositivos nanométricos que son inyectados o puestos en contacto con sistemas biológicos.

- 1 D. Suter and G.A. Álvarez. [Rev. Mod. Phys.](#) **88**, 041001 (2016).
- 2 G. A. Álvarez and D. Suter, *Phys. Rev. Lett.* **107**, 230501 (2011).
- 3 G. A. Álvarez, N. Shemesh, and L. Frydman, *Phys. Rev. Lett.* **111**, 080404 (2013).
- 4 A. Zwick, G. A. Álvarez, and G. Kurizki, *Phys. Rev. Applied* **5**, 014007 (2016).
- 5 C. O. Bretschneider, G. A. Álvarez, G. Kurizki, and L. Frydman, *Phys. Rev. Lett.* **108**, 140403 (2012).
- 6 G. A. Álvarez, C. O. Bretschneider, R. Fischer, P. London, H. Kanda, S. Onoda, J. Isoya, D. Gershoni, and L. Frydman, *Nat. Commun.* **6**, 8456 (2015).
- 7 A. Zwick, G.A. Álvarez, and Gershon Kurizki. [Phys. Rev. A](#) **94**, 042122 (2016).
- 8 N. Shemesh, G. A. Álvarez, and L. Frydman, *J. Magn. Reson.* **237**, 49 (2013).
- 9 G. A. Álvarez, N. Shemesh, and L. Frydman, *J. Chem. Phys.* **140**, 084205 (2014).
- 10 N. Shemesh, G. A. Álvarez, and L. Frydman, *PLoS ONE* **10**, e0133201 (2015).
- 11 G. A. Álvarez and D. Suter, *Phys. Rev. Lett.* **104**, 230403 (2010).
- 12 G. A. Álvarez, D. Suter, and R. Kaiser, *Science* **349**, 846 (2015).