

# Simulaciones cuánticas: Monitoreo de sistemas cuánticos de muchos cuerpos fuera de equilibrio

## Propuesta de tesis para la Maestría en Ciencias Físicas

**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. Dieter Suter (Universidad de Dortmund, Alemania), Dr. Robin Kaiser (Universidad de Niza, INLN, Francia)

**Orientación:** Materia Condensada

**Orientación alternativa:** Sistemas Complejos

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

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

La complejidad de sistemas cuánticos de muchos cuerpos es un problema de gran antigüedad en la física, y son de gran importancia en muchas ramas de la ciencia como en materia condensada, química cuántica, átomos fríos y de particular interés para el estudio de proteínas o moléculas muy grandes. Los procesos dinámicos en estos sistemas complejos, puede considerarse muchas veces como procesos de “difusión cuántica” donde uno puede observar efectos de localización, termalización e irreversibilidad de la dinámica cuántica y como estos efectos se encuentran correlacionados entre sí.

Ciertos estados cuánticos de estos sistemas pueden estar localizados en posiciones bien definidas del espacio o pueden estar delocalizados, dependiendo de parámetros como el desorden del sistema o los tipos de interacciones presentes. En el régimen en que se encuentran localizados, estos sistemas pueden no alcanzar un estado de equilibrio térmico reteniendo información acerca de su estado inicial a escalas de tiempo muy largas. Este fenómeno, que está ligado a lo que se llama la “localización de muchos cuerpos” (many-body localization), puede ser muy relevante para guardar información cuántica en estos estados. El rol de la topología y la dimensión del sistema, el tipo de interacciones que pueden ser de corto o largo alcance, y la presencia de desorden es muy importante para el surgimiento de estos regímenes de localización y puede servir como una herramienta de caracterización.

La dimensión del espacio de Hilbert crece exponencialmente con el tamaño del sistema dificultando su tratamiento numérico y teórico de forma generalizada para predecir el surgimiento de estos fenómenos. Es muy importante entonces lograr este tipo de control experimentalmente en sistemas de muchos cuerpos, y más aún en tres dimensiones, con el fin de hacer simulaciones cuánticas. Si bien gracias al avance en el control cuántico un gran progreso se ha adquirido a nivel experimental, todavía es un problema muy desafiante dada su gran complejidad.

En esta tesis se buscarán diferentes situaciones experimentales y/o modelarán con simulaciones computacionales, dependiendo del interés del estudiante, para desarrollar nuevos métodos y técnicas para controlar y observar la dinámica cuántica de muchos cuerpos. El objetivo es desarrollar nuevas estrategias para estudiar la física de estos sistemas. Se utilizarán técnicas de Resonancia Magnética Nuclear con la que se puede controlar sistemas de espines interactuantes generando simulaciones cuánticas para modelar y entender la dinámica de estos sistemas complejos [1–6]. Las técnicas principales que se desarrollarán con este fin se basarán en el monitoreo del número de espines que participan en la dinámica cuántica [1-3;6] y de los efectos de decoherencia cuántica en dichas dinámicas [1,3, 7-8].

- 1 G.A. Álvarez and D. Suter, Phys. Rev. Lett. **104**, 230403 (2010).
- 2 G.A. Álvarez, D. Suter, and R. Kaiser, Science **349**, 846 (2015).
- 3 G.A. Álvarez and D. Suter, Phys. Rev. A **84**, 012320 (2011).
- 4 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).
- 5 G.A. Álvarez and D. Suter, Phys. Rev. Lett. **107**, 230501 (2011).
- 6 G.A. Álvarez, R. Kaiser, and D. Suter, Ann. Phys. (Berlin) **525**, 833 (2013).
- 7 G.A. Álvarez, E.P. Danieli, P.R. Levstein, and H.M. Pastawski, J. Chem. Phys. **124**, 194507 (2006); Phys. Rev. A **82**, 012310 (2010).
- 8 C.O. Bretschneider, G.A. Álvarez, G. Kurizki, and L. Frydman, Phys. Rev. Lett. **108**, 140403 (2012).