

**Plan de formación**  
**“Quantum statistical physics and efficient classical descriptions”**  
**Álvaro Martín Alhambra – JAE-Pre 2023**

**Programa de actividades:**

Se ofrece un contrato de doctorado de 4 años para la realización del proyecto “Quantum statistical physics and efficient classical descriptions”. El proyecto es de carácter puramente teórico y matemático, e involucra sobre todo cálculos y derivaciones analíticas. Así pues, la mayor parte del trabajo que realizará el/la estudiante será de aprendizaje de las técnicas y de las matemáticas relevantes (en particular, análisis matricial), y su aplicación a los problemas concretos que se proponen. Todo esto se realizará con supervisión directa y regular por parte del director. En algunos casos, se requerirá de cálculos simbólicos por ordenador, los cuales se pueden ejecutar de manera simple con Mathematica, al cual se tiene acceso dentro del centro.

El proyecto está estructurado en cuatro objetivos de duración aproximada de un año, con la previsión de que en cada una de ellas se generarán resultados publicables en revistas internacionales de alto impacto. Los dos primeros objetivos son de riesgo bajo/medio, puesto que se basan en marcos teóricos y resultados ya existentes que se espera que el/la estudiante consiga interiorizar y saber aplicar a nuevos problemas en un plazo de meses. En concreto, planeamos los siguientes objetivos:

**O1:** Estudiar la aparición de efectos disipativos efectivos en la dinámica cuántica unitaria, y de cómo esa emergencia simplifica la descripción de procesos dinámicos.

**O2:** Estudiar la propagación de información a lo largo de la evolución unitaria, y de su relación con la disipación. Estudiar cómo una alta propagación de información genera una redundancia explotable de cara a descripciones eficientes.

La experiencia adquirida durante estos primeros proyectos, así como el hecho de haber obtenido ya resultados relevantes y de impacto, nos da la posibilidad de apuntar hacia objetivos más abiertos y especulativos, pero de un potencial de impacto aún mayor. Estos están planeados para la segunda mitad del proyecto de doctorado, y se planea que incluyan los siguientes objetivos:

**O3:** Obtener cotas a tiempos de termalización y equilibración de sistemas cuánticos unitarios, y probando matemáticamente la emergencia de colectivos estadísticos a partir de la dinámica unitaria.

**O4:** Estudiar la relación de todos los fenómenos anteriores (disipación, propagación de información, termalización) con el concepto de caos cuántico, y obtener una caracterización fidedigna de su aparición, y de sus consecuencias para la descripción eficiente de los sistemas cuánticos caóticos.

Los objetivos específicos **O3** y **O4** de la segunda mitad del proyecto tienen un carácter más flexible y podrán ser adaptados, por ejemplo, si el/la estudiante es capaz de proponer ideas relevantes, o las consigue a partir de discusiones y colaboraciones externas. Así pues, este plan está diseñado para optimizar el desarrollo científico de el/la estudiante.

En el cronograma también se incluye un periodo de estancia internacional (Secondment), para la cual se planea solicitar fondos de programas como el “iMove” del CSIC. El supervisor tiene contactos regulares con diversos grupos de investigación de relevancia internacional, y las líneas de investigación que desarrollan muchos de ellos son directamente relevantes y complementarias para el proyecto propuesto.

El **cronograma de actividades** de trabajo durante el doctorado se muestra en la siguiente “Gantt chart”. Se incluye una estimación del tiempo asignado para la escritura de la tesis doctoral. Una descripción más detallada de los objetivos, su motivación y su impacto esperado se describe en el “Proyecto científico”.



cuántica organizadas en Europa, como los bootcamps organizados por la compañía IBM, o las escuelas de verano de información cuántica organizadas por la fundación suiza “[Squids](#)” (en las cuales el supervisor ha impartido cursos en ediciones previas). Además, se espera que se pueda también beneficiar de las distintas actividades formativas en el contexto del proyecto “[TalentQ](#)”, financiada por la iniciativa nacional de tecnologías cuánticas “Quantum Spain”, que finaliza en 2026.

- **Diseminación de resultados:**

El principal método de diseminación de los resultados será la elaboración de artículos científicos y su publicación tanto en el repositorio abierto arXiv, como en revistas internacionales de alto impacto como Nature Physics, Physical Review X, Physical Review Letters o Quantum. Está previsto que el/la estudiante tenga una participación activa e importante tanto en la escritura y elaboración de los artículos, como en el proceso de revisión por pares y publicación. Esto se hará de manera supervisada por el director, lo que servirá como importante ejercicio de formación en comunicación científica.

Así mismo, está prevista dentro del cronograma la participación de el/la estudiante en los congresos nacionales e internacionales más importantes. Los nacionales incluyen “Información Cuántica España” (ICE), Benasque Quantum Information o los workshops “Entangle This”. Los internacionales incluyen congresos como “Quantum Information Processing (QIP), Theory of Quantum Computing (TQC) o Quantum Thermodynamics (QTD). Una vez se hayan conseguido resultados que presentar, el/la estudiante tendrá la oportunidad de presentarlo como pósteres o contribuciones orales en los diversos congresos y workshops. La financiación podrá venir de uno de los actuales proyectos del grupo, como el actualmente en progreso Proyecto de Generación de Conocimiento “MaQuTe”.

### **Plan de seguimiento:**

El supervisor (Álvaro Martín Alhambra) se encargará en todo momento de velar por el cumplimiento de los objetivos de acuerdo con lo esperado en el programa formativo. La estructura del proyecto está pensada para minimizar el riesgo, con los objetivos más asequibles y de carácter más formativo situados en los dos primeros años, lo que se combinará con la participación de el/la estudiante en escuelas de verano de temas asociados. Durante este tiempo, se espera una muy activa colaboración entre el/la estudiante y el supervisor, con reuniones periódicas para poner el progreso en común (idealmente de una media de una o dos veces por semana), y con la presentación de los avances más relevantes en las reuniones de grupo y “Journal Clubs” del grupo “Quantum Information and Quantum Matter” del IFT.

Por otra parte, los objetivos más ambiciosos están planeados para la segunda mitad de la tesis, cuando el conocimiento adquirido previamente ofrece flexibilidad para ajustarlos, por ejemplo, dependiendo de si se realiza una estancia internacional y del grupo receptor. Se espera que en este periodo el/la estudiante haya alcanzado una madurez científica notable, y se le ofrecerá la posibilidad tanto de seguir con reuniones de seguimiento regulares, como de adquirir más independencia para desarrollar ideas y proyectos. Esto se hará de mutuo acuerdo entre estudiante y supervisor, siempre priorizando la formación y desarrollo del perfil académico de el/la estudiante.

Bien entrada la segunda mitad de la tesis, se dará prioridad a los viajes a congresos internacionales de el/la estudiante, con el objetivo de establecer una red de contactos y colaboraciones, y el fomento de su carrera académica. Un proyecto exitoso supondrá que el/la estudiante estará en una muy buena situación para aspirar a contratos post-doctorales competitivos en la academia, o a contribuir a las actividades investigadoras dentro de la creciente industria en tecnologías cuánticas.