

A large industrial robotic arm is positioned in a factory setting, with a conveyor belt system visible in the foreground. The entire image is overlaid with a semi-transparent red filter. The text is centered in the middle of the image.

**MAESTRÍAS PROFESIONALISTAS
Y DOCTORADOS EN LA INDUSTRIA**

En este número de la Revista “Conocimiento e Innovación” nos focalizamos en temas vinculados con la importancia de formar más Doctores en Informática y en particular en los mecanismos de cooperación internacional que pueden potenciar la calidad y cantidad de doctorandos trabajando cooperativamente en sus Tesis, en el ámbito académico y también en relación con la industria.

Dada su experiencia en la formación de Doctores en Informática y en la cooperación internacional en estos temas, quisiéramos tener sus opiniones sobre algunos aspectos de la temática propuesta.

1- ¿Cuál es su evaluación de lo mecanismos de cooperación Universidad-Industria en la formación de Doctores en Informática, en particular en España y en su Universidad? ¿Ve un potencial positivo en estos mecanismos? ¿De qué modo cree que se podrían perfeccionar? Por su conocimiento de Argentina, ¿entiende que estos mecanismos se podrían formalizar en las Universidades de Argentina?

Considero que la cooperación Universidad-Industria es un eje estratégico que cada vez cobra mayor relevancia. En España observamos un crecimiento sostenido de titulaciones que incluyen prácticas en empresas, así como la consolidación de modelos duales donde parte de la formación se desarrolla directamente en ámbitos productivos. Este interés también se refleja en el nivel doctoral: hoy existe un compromiso creciente por parte de las universidades para colaborar activamente y dirigir a estudiantes que desean realizar un Doctorado Industrial, lo cual amplía y fortalece las oportunidades de formación avanzada.

Personalmente, valoro esta tendencia de manera muy positiva. Actualmente, no solo las Universidades y los Centros de Investigación reconocen el valor del título de doctor/a, también algunas empresas con áreas de innovación lo valoran en el momento de la contratación, también vemos que las spin-off



Dra. Dolores I. Rexachs

Profesora de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB). Es licenciada en Informática y en Pedagogía y Doctora en Informática. Sus áreas principales de investigación están centradas en la computación de altas prestaciones y los sistemas inteligentes orientados a servicios de salud.

con el fin de promover proyectos de investigación industrial o desarrollo experimental en los que se enmarque una tesis doctoral, son acciones que están promoviendo la realización de Doctorados Industriales. Su objetivo es favorecer la inserción temprana del personal investigador, mejorar su empleabilidad e incorporar talento altamente especializado al sistema productivo para fortalecer su competitividad.

En relación con Argentina, considero que ya existe una tradición sólida de colaboración Universidad-Industria mediante proyectos, convenios y actividades conjuntas. La elevada empleabilidad de personas egresadas en Informática en empresas innovadoras lo demuestra. Desde esta perspectiva, formalizar mecanismos para impulsar tesis doctorales

asociadas a investigación industrial sería un paso natural y muy beneficioso para el país y en la Universidad Argentina también hay bastante interés en colaborar y dirigir a estudiantes de doctorado que están interesados en realizar un Doctorado Industrial.

2- Dentro de la Iniciativa MAS Cooperación Internacional para MAS Doctores en Informática en la que Ud. participa se ha previsto un Foro de trabajo que reúna Directores de Doctorado con Doctorandos interesados en desarrollar Tesis en el contexto de cooperación internacional. ¿Qué resultados positivos considera que puede tener esta actividad? ¿Por qué puede crecer el interés por hacer un Doctorado en Informática a partir de iniciativas como la mencionada?

La iniciativa “MAS Cooperación Internacional para MAS Doctores en Informática” me parece sumamente valiosa. Colaborar con instituciones de otros países es una experiencia enriquecedora que potencia el desarrollo personal y profesional. El trabajo en equipo genera sinergias positivas difíciles de replicar en contextos aislados.

Un Foro de estas características permitirá conectar grupos de investigación con intereses complementarios, facilitará el intercambio de ideas, fortalecerá los vínculos académicos e impulsará la creación de redes internacionales. Desde mi experiencia, tanto en lo personal como en lo profesional, la cooperación internacional abre puertas, multiplica oportunidades y permite abordar proyectos que, sin esa articulación, serían inviables. Este tipo de iniciativas puede aumentar el interés por realizar un Doctorado en Informática porque visibiliza oportunidades reales, muestra trayectorias profesionales posibles y posiciona al doctorado como un espacio donde es factible trabajar en temas de alcance global con impacto científico, tecnológico y social.

3- El modelo de Postgrado en España tiene Maestrías profesionalistas y también académicas (al igual que en Argentina y otros

países de América Latina). En general la articulación entre las Maestrías profesionalistas y los Doctorados “clásicos” tiene algunas dificultades, especialmente debidas a la tensión entre las demandas del mercado laboral y las expectativas académicas para un Doctorado. ¿Qué ideas puede aportar para mejorar esta articulación?

Las Maestrías, tanto profesionalistas como académicas, ofrecen una formación de alta calidad, al igual que los cursos de doctorado. En muchos casos, estudiantes de ambos perfiles coinciden en las mismas asignaturas, lo cual resulta muchas veces enriquecedor. Esta convivencia promueve un intercambio muy valioso entre perspectivas orientadas a la práctica profesional, la innovación y enfoques centrados en la investigación tanto básica como aplicada. Por otro lado, la red de contactos que se hace en estas materias también puede ayudar a fortalecer la relación Industria-Universidad. He visto que la participación conjunta, en determinadas materias, puede favorecer el desarrollo de proyectos con distintas perspectivas, integrando necesidades expresadas por profesionales, con la visión más académica, añadiendo que a veces participan estudiantes de diferentes países y de diferentes titulaciones y creo que esta diversidad es muy interesante y enriquece las actividades formativas que se proponen.

4- Ud. ha dirigido/codirigido Tesis que abarcan temas interdisciplinarios, en particular con egresados que no tienen una carrera de base estrictamente Informática. ¿Cuál ha sido su experiencia? ¿Qué aspectos positivos y negativos ve en el tema interdisciplinario para los Doctorandos? ¿Cuáles son las métricas de calidad para Tesis centradas en aplicaciones en otras áreas de conocimiento?

Mi experiencia dirigiendo y codirigiendo tesis interdisciplinarias ha sido muy positiva. La colaboración entre disciplinas enriquece las perspectivas, amplía las posibilidades de

impacto y nos facilita participar en el desarrollo tanto de investigación básica como de investigación aplicada. En Informática existe una fuerte predisposición a colaborar con otras áreas, y considero que esta mirada interdisciplinaria motiva a integrar nuevos conocimientos y contribuye a un mayor impacto académico y social.

Trabajar con personas egresadas de otras áreas resulta especialmente valioso: complementa el equipo de investigación, aporta nuevas preguntas y fomenta propuestas innovadoras. En el caso de la UNLP, la formación adquirida en los cursos de doctorado brinda una base sólida para avanzar en la fase de investigación; son estudiantes con muy buena preparación y con estrategias de aprendizaje bien desarrolladas. Además, la dinámica de trabajo en equipo, que integra personas investigadoras en formación y con distintos niveles de experiencia, incluye reuniones periódicas para discutir propuestas y avances de cada línea, lo que favorece la colaboración transversal. Esta dinámica facilita la integración y ayuda a superar dificultades iniciales (lenguajes disciplinares, metodologías, enfoques). Pertenecer a un grupo de investigación es clave: quienes lo integran se involucran activamente, aportan ideas y comentarios, y las reuniones del grupo complementan las reuniones específicas de cada línea.

Respecto de las métricas de calidad, existen indicadores académicos tradicionales (citas, impacto por cuartil, índice h, etc), que aplican a la mayoría de disciplinas. En tesis multidisciplinarias, además, es fundamental considerar el impacto en el área con la que se colabora, asegurando que el trabajo sea significativo para ambos ámbitos de conocimiento. Resulta importante definir, desde el inicio, métricas coherentes con los objetivos de cada tesis. Personalmente considero que la calidad no se expresa únicamente mediante métricas bibliométricas, también se refleja en el aporte al campo de conocimiento, en la transferencia e innovación logradas y en el impacto social alcanzado.

En este número de la Revista “Conocimiento e Innovación” nos focalizamos en temas vinculados con la importancia de formar más Doctores en Informática y en particular en los mecanismos de cooperación internacional que pueden potenciar la calidad y cantidad de doctorandos trabajando cooperativamente en sus Tesis, en el ámbito académico y también en relación con la industria.

Dada su experiencia como Investigadora en temas de Informática y en la formación de Doctores en Informática, así como el interés de la Universidad de Almería en la cooperación internacional en estos temas, quisiéramos tener sus opiniones sobre algunos aspectos de la temática propuesta.

1- Ud. ha dirigido/codirigido Tesis que abarcan diferentes temas y en su Universidad impulsa la línea de I+D+I relacionada con Computación Cuántica. Este tema seguramente impactará fuertemente en la Informática y sus aplicaciones. ¿Cuáles son los temas relacionados que ve más prometedores para Tesis Doctorales relacionadas con Computación Cuántica? ¿En qué aspectos requerirán trabajo interdisciplinario?

Nuestra trayectoria en computación cuántica comenzó en 2018, coincidiendo con un momento clave: la apertura de plataformas cloud por parte de IBM que permitían el acceso remoto a procesadores cuánticos reales. Este hito fue el punto de inflexión que atrajo a la comunidad informática, transformando una disciplina teórica en un campo de experimentación práctica. Desde entonces, hemos integrado esta línea en nuestro programa de doctorado mediante cursos especializados y la colaboración con expertos nacionales. Estas actividades dieron sus frutos y la Computación Cuántica se ha consolidado hoy como una línea de investigación fundamental en nuestro grupo; de hecho, en 2021 defendimos nuestra primera tesis en este ámbito y actualmente tenemos varios investigadores y doctorandos centrados en este campo. A lo largo de estos

años, hemos sido testigos de una actividad frenética. La computación cuántica es hoy un esfuerzo transversal donde la física y la ingeniería de materiales se encuentran con las matemáticas y la informática. Aunque los retos del hardware siguen siendo destacables, el impulso de gigantes como IBM, Google, IonQ o D-Wave, sumado a las estrategias nacionales de EE. UU., China y la Unión Europea, ha acelerado el progreso de forma inédita. Hemos pasado de disponer de sistemas de pocos cúbits a gestionar procesadores de varios miles de cúbits físicos. Sin embargo, ahora la prioridad ya no es solo la cantidad, sino la creación de cúbits lógicos mediante técnicas de corrección de errores, que son los que realmente permitirán alcanzar la ventaja cuántica.

En este escenario, el papel de la Informática es esencial. Nuestra disciplina es la responsable de definir los modelos computacionales, las arquitecturas de compilación y los lenguajes de programación cuánticos. Somos el puente necesario para que las plataformas que físicos e ingenieros desarrollan a escala microscópica se conviertan en sistemas prácticos, programables y útiles para abordar los grandes retos de la sociedad que la computación clásica no puede resolver.

Si pensamos en aplicaciones, las que más interés suscitan actualmente son:

- **Quantum Machine Learning:** Utiliza las propiedades de los cúbits para procesar datos en dimensiones altísimas, permitiendo que los modelos descubran patrones complejos con mayor agilidad que los algoritmos clásicos. Una ventaja destacada es la capacidad de trabajar con conjuntos de datos de entrenamiento reducidos. Dada la actual limitación de recursos cuánticos, se están explorando con éxito arquitecturas de redes híbridas que combinan capas clásicas con cuánticas para resolver problemas de clasificación con pocos datos o que se encuentran desbalanceados. Estas son especialmente útiles en la detección automática de anomalías, línea en la que nuestro equipo ya ha realizado contribuciones significativas.

- **Optimización de problemas complejos:** Se centra en hallar la solución ideal entre miles de millones de opciones en tiempo récord. Resulta fundamental en logística, finanzas o diseño de rutas, ámbitos donde la informática tradicional se enfrenta a una explosión combinatoria de las variables. Esto permite alcanzar una eficiencia operativa hasta ahora inalcanzable, siendo otra de las líneas en las que contamos con experiencia previa.

- **Criptografía Cuántica:** Utiliza las leyes de la física para crear comunicaciones seguras. Mediante protocolos como el intercambio de claves cuánticas (QKD), se garantiza que cualquier intento de interceptar la información sea detectado al instante, ofreciendo una protección robusta frente a la potencia de cálculo de los futuros computadores cuánticos. Aunque es una línea de gran relevancia, es un área que no hemos abordado directamente hasta el momento.

Para facilitar la explotación de las plataformas cuánticas —basadas mayoritariamente en el modelo de circuitos—, resultan igualmente prioritarias las técnicas de tolerancia a fallos y la optimización de los recursos de dichos circuitos.

Es importante destacar que, independientemente del camino seleccionado, el éxito de estas tesis dependerá de la capacidad para traducir problemas reales de áreas como la farmacología, la energía o la ciencia de materiales a modelos computacionales cuánticos. Para ello, los doctorandos deberán ser capaces de actuar como puente y colaborar con expertos de otras disciplinas, resolviendo así los grandes retos que hoy consideramos computacionalmente imposibles.

3- Dentro de la Iniciativa MAS Cooperación Internacional para MAS Doctores en Informática en la Ud. participa se ha previsto un Foro de trabajo que reúna Directores de Doctorado con Doctorandos interesados en desarrollar Tesis en el contexto de cooperación internacional. ¿Qué resultados espera de este Foro? Se espera que los potenciales doctorandos de América Latina se puedan beneficiar de la interacción con Inves-



Dra. Gracia E. Martín Garzón

Profesora Titular de la Universidad de Almería, es Licenciada en Ciencias Físicas por la Universidad de Granada (1985). En 2000 obtuvo el grado de Doctora, con una tesis sobre la solución del problema de autovalores de grandes matrices dispersas en supercomputadores. Desde el año 2002 es Profesora Titular de Universidad. Los resultados de su actividad investigadora se han difundido en decenas de artículos, capítulos de libro y congresos internacionales. Ha participado en proyectos nacionales e internacionales financiados con fondos públicos, actuando como investigadora principal en varios de ellos. Ha participado en la actividad de varias redes temáticas europeas y nacionales. Participa como revisora en la edición de diversas revistas internacionales con índice de impacto. También forma parte del equipo de evaluadores expertos de la ANEP.

tigadores formados de Universidades con mayor desarrollo en la disciplina y en este contexto los mecanismos de co-tutela pueden ser un incentivo importante para las vocaciones doctorales. ¿Está de acuerdo con esta idea?

Desde la Universidad de Almería, España, queremos agradecer profundamente al profesor Armando De Giusti la oportunidad de

participar en esta gran iniciativa. La calidad de nuestro doctorado en Informática ha sido reconocida oficialmente en nuestro país; sin embargo, el programa se enfrenta a desafíos intrínsecos a nuestra disciplina.

En la actualidad, los estudiantes de grado y máster reciben ofertas profesionales incluso antes de finalizar sus estudios. Dado que en el ámbito empresarial el grado de Doctor no siempre cuenta con la valoración suficiente, son pocos los alumnos motivados para continuar su formación hacia la investigación. A esto se suma la evolución vertiginosa de nuestra disciplina y su fuerte componente interdisciplinar, factores que exigen una actualización constante para el desarrollo de tesis innovadoras.

Creemos firmemente que esta iniciativa puede ayudarnos a superar tales desafíos a través de dos vías fundamentales. En primer lugar, mediante el fomento de la colaboración internacional, esperamos potenciar la codirección y la definición de tesis en régimen de cotutela; esto permitirá que investigadores de diversas ramas de la informática establezcan sinergias efectivas que, a pesar de las adaptaciones normativas necesarias entre países, garanticen estancias internacionales capaces de impulsar la madurez científica y personal de los doctorandos. En segundo lugar, confiamos en que la articulación de esta red nos permita sumar esfuerzos para la puesta en valor del doctorado, logrando así prestigiar y potenciar el título de Doctor en Informática dentro del tejido industrial. Con este propósito, manifestamos nuestro firme interés en impulsar este proyecto y nuestra total disposición a contribuir con nuestra experiencia y recursos para asegurar su éxito. Queremos destacar nuestro firme interés en impulsar este proyecto y nuestra disposición a contribuir con nuestra experiencia y recursos para asegurar su éxito y sostenibilidad en el tiempo.

4- La dirección de Tesis de Informática que abarcan aplicaciones interdisciplinarias resulta una tarea compleja y al mismo tiempo

necesaria por el impacto de las nuevas tecnologías informáticas en todos los ámbitos del conocimiento. ¿Cuál es su opinión al respecto? ¿Cómo pueden los doctorandos en Informática abordar otras disciplinas?

El desarrollo de la informática tiene una raíz profundamente interdisciplinar. Existen multitud de ejemplos en este sentido; uno de los más relevantes es el Premio Nobel de Física 2024, otorgado a John J. Hopfield y Geoffrey E. Hinton por establecer las bases de la inteligencia artificial moderna. Sus aportaciones, sumadas al intenso desarrollo computacional liderado por especialistas en informática, nos han conducido a la revolución tecnológica actual.

La informática es el motor que impulsa el avance de disciplinas en las ciencias, la ingeniería, la economía, las humanidades y el arte. Por ello, la formación de un doctor o ingeniero en esta área debe capacitarlo para comprender los retos de otros campos y abordar la solución tecnológica correspondiente. Un doctor en informática debe poseer conocimientos avanzados en computación, pero también es fundamental que sea capaz de aprender el lenguaje y los conceptos de disciplinas ajenas (biología, medicina, derecho o ingeniería civil, entre otras) para poder aplicar su saber de forma efectiva.

Las tesis que abordan temas interdisciplinarios son muy frecuentes y suelen tener un componente de aplicación práctica que dota a sus aportaciones de un gran impacto social y económico. Dado que es imposible ser experto en todas las áreas, el estudiante de doctorado se enfrenta al reto de actuar como puente técnico.

Nuestro equipo de investigación cuenta con una amplia experiencia en la dirección de tesis que desarrollan técnicas computacionales avanzadas para resolver problemas de física, matemáticas, química o medicina. La mayoría de estos trabajos nacen de colaboraciones con equipos especializados que demandan soluciones de alto nivel para implementar sus modelos en contextos prácticos.

El proceso metodológico que seguimos incluye cuatro fases:

1. Adquisición de conocimiento: El doctorando debe asimilar requerimientos específicos de la aplicación para seleccionar las metodologías adecuadas.
2. Formalización: Traducir el problema, definido originalmente en el argot de otra disciplina, a un lenguaje computacional.
3. Implementación computacional: Una vez formalizado el problema computacionalmente, el estudiante selecciona y aplica técnicas computacionales para generar una solución computacional.
4. Evaluación funcional: Una vez desarrollada la solución, es importante validar si se han satisfecho los requerimientos iniciales.

La colaboración con los expertos de otras disciplinas específicas es vital en la primera y última fase, para ayudar al estudiante a comprender la definición/requerimientos del problema, y en la evaluación para la validación de los requerimientos.

Según nuestra experiencia, para que una tesis interdisciplinaria sea viable, es crucial que se centre en campos de aplicación específicos, que los problemas computacionales se formalicen con precisión y que el estudiante esté integrado en un equipo que incluya especialistas de la disciplina abordada. La ausencia de cualquiera de estos elementos puede derivar en obstáculos insalvables para el estudiante de doctorado en informática.