



REAL ACADEMIA DE CIENCIAS  
EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES  
DE ESPAÑA

Comisión sobre el estado de la ciencia en España

## **DECLARACIÓN SOBRE LA FINANCIACIÓN Y GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN ESPAÑA - 2025**

**Desafíos de la ciencia española ante los retos  
del conocimiento globalizado**

## RESUMEN

La ciencia española no consigue la posición de liderazgo que tan importante sería para el desarrollo económico y bienestar social de nuestro país. De modo prioritario, debería adecuarse la actual normativa de procedimientos de contratación de personal y de concesión de fondos al ambiente dinámico internacional de la investigación científica. Es necesario fomentar la creatividad con la participación de empresas en colaboración con el mundo académico. A la falta de liderazgo también contribuyen trabas para el desarrollo de una carrera científica en España, según lo demuestran indicadores de la OCDE. En este escenario, las dificultades se acentúan en el caso de las mujeres, cuya incorporación y permanencia en la práctica investigadora siguen encontrando barreras significativas. Apuntamos algunas medidas concretas para subsanar las deficiencias de la investigación científica en España.

Continuando con el empeño de declaraciones anteriores, hemos identificado desarrollos científicos importantes que pueden guiar innovaciones en los próximos años. Uno de ellos surge de la explosión de aplicaciones de la inteligencia artificial (IA) en campos tan aparentemente alejados como son el manejo de bases de datos para alcanzar conclusiones inasequibles por métodos clásicos, los modelos predictivos en meteorología, o la paliación de los efectos del cambio climático. Todo ello lo ilustramos con ejemplos concretos con el objetivo de subrayar desarrollos en los que España debería prepararse para jugar un papel de liderazgo activo.

# 1. Introducción: la Real Academia de Ciencias española y la perspectiva de la ciencia en España

La Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de España (RAC), presenta su séptima *Declaración sobre la situación de la investigación científica en España*. A pesar de avances en años recientes, la ciencia española no ha conseguido una posición de liderazgo entre los países de nuestro entorno. En este documento se diagnostican puntos clave que frenan desarrollos significativos. Sería muy importante aprovechar la situación actual para impulsar nuestro sistema español de ciencia, tecnología e innovación (SECTI), incrementando sus recursos, mejorando su funcionamiento (con eliminación de barreras burocráticas y administrativas) y estableciendo líneas de acción estratégicas, con participación de entidades públicas y privadas.

En la presente declaración se subrayan aspectos de política científica, el papel de la mujer en el SECTI, y el impacto de la inteligencia artificial (IA), que España debería tener en cuenta al planificar sus prioridades en ciencia.

## 2. Gestión científica y burocracia

El SECTI tiene retos de escasez de recursos, regulación y funcionamiento. Se rige por la normativa de la Administración General del Estado (AGE) que es inflexible para afrontar los desafíos científicos del siglo XXI y no ofrece atractivos ni a investigadores ni a empresas.

Debería considerarse:

- 1) Combinar excelencia con dimensión suficiente. Un sistema que no premia la excelencia penaliza a los equipos, centros y empresas de mayor potencial y lastra al conjunto. Ahora bien, un sistema basado exclusivamente en la excelencia no alcanzaría un tamaño crítico suficiente para permitir que afloren grupos excelentes.
- 2) Mejorar la gestión de convocatorias, los procedimientos de ejecución y evaluación de resultados. Todo ello debe adecuarse a un entorno internacional muy dinámico.
- 3) Fomentar la creación de conocimiento mediante actuaciones orientadas a que las empresas, singularmente las más pequeñas, puedan colaborar con los centros de investigación sin los condicionantes para el acceso a ayudas públicas a la investigación, desarrollo e innovación (I+D+i).

### 2.1. Financiación de la ciencia

En los últimos 50 años, la financiación de la ciencia en España ha experimentado fluctuaciones que reflejan períodos de crecimiento, austeridad y recuperación. Podemos identificar cuatro etapas clave:

- 1) Crecimiento hasta la crisis financiera de 2008: la inversión de España en ciencia alcanzó un punto máximo histórico en 2008, tras un cambio significativo de financiación a inicios de los años 1980.
- 2) Austeridad posterior a 2008: la crisis financiera llevó a recortes drásticos en los presupuestos de I+D+i<sup>1,2</sup>. Entre 2009 y 2014, la financiación científica disminuyó en un 39%, en contraste con un aumento de inversión en ciencia por parte de países de nuestro entorno (véase la Declaración-2019 de la RAC).
- 3) Recuperación a partir de 2014, con un aumento de los presupuestos científicos, sin alcanzar las cifras anteriores a la crisis. Iniciativas como *Horizon Europe* y estrategias nacionales destinadas a revitalizar la investigación paliaron esta situación.
- 4) Crecimiento de inversiones recientes (2018-2025) que apunta a un cambio de la tendencia en financiación científica. En 2023, España asignó el 1,49% de su producto interior bruto (PIB) a I+D+i, una ligera mejora aún por debajo de la media de la UE, que es del 2,22%.

La Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación (EECTI)<sup>3</sup>, puesta en marcha en 2021, planifica un impulso de la inversión en I+D+i para alinearse con los objetivos de la UE. La financiación actual de España para la ciencia queda por debajo de la media de la UE y por detrás de países como Alemania (3,1% de su PIB), Francia (2,4%) e Italia (1,53%). España invierte 332 € per cápita en I+D+i, significativamente menos que Francia (805 €) y Alemania (1.000 €)<sup>4</sup>. El gobierno español comprometió 18.400 millones € a la ciencia para 2024-2027, marcando un aumento del 32% en comparación con el plan anterior. Sin embargo, aún no se alcanzan las inversiones de las principales naciones de la UE. Una cierta compensación es que España tiene un buen rendimiento en la obtención de fondos europeos de investigación, con Cataluña ocupando el tercer lugar entre las regiones de la UE en la financiación del programa *Horizon Europe*.

España está implementando las siguientes estrategias para aumentar su gasto en I+D+i y alcanzar el promedio de la UE para 2027:

- 1) Estrategia nacional de I+D+i. La Estrategia Española de Ciencia y Tecnología (EECT) (2021-2027)<sup>5</sup> tiene como objetivo incrementar las inversiones públicas y privadas, aumentando la inversión en I+D+i del 1,24% del PIB en 2019 al 2,12% para 2027. Los Proyectos Estratégicos para la Recuperación y Transformación Económica (PERTE) movilizan importantes inversiones públicas y privadas en áreas como la aeroespacial, la biotecnología y la digitalización. Es fundamental impulsar estas acciones, sin dejar atrás otras áreas científicas de potencial en España.

---

<sup>1</sup> CESIN, 2020 Especialización tecnológica de España 2009-2018. Cátedra de Estudios de la Innovación -CESIN-. <https://www.ucm.es/cesin/>

<sup>2</sup> [Spanish science funding: Low and inefficient](#) - Biofísica #7, Jan-Apr 2017

<sup>3</sup> <https://www.ciencia.gob.es/en/Estrategias-y-Planes/Planes-y-programas.html>

<sup>4</sup> <https://www.zabala.eu/news/innovation-european-asset-to-be-valued/>

<sup>5</sup> <https://www.ciencia.gob.es/Estrategias-y-Planes/Estrategias/Estrategia-Espanola-de-Ciencia-Tecnologia-e-Innovacion-2021-2027.html>

- 2) Colaboración público-privada. Plan de Transferencia de Conocimientos y Colaboración: este plan incluye 1.200 millones € en fondos públicos para empresas basadas en la ciencia y 4.000 millones € para fondos públicos de capital de riesgo como NEXT TECH, que apoya a nuevas empresas en tecnologías digitales e inteligencia artificial (IA). Las Cátedras de Universidad-Empresas tienen como objetivo fortalecer la colaboración entre universidades y empresas. Es necesario reforzar el tejido empresarial español –dominado por pequeñas y medianas empresas (PYMEs) que escasamente pueden alcanzar el tamaño crítico para acceder a recursos de I+D+i– y evaluar la efectividad de estas acciones en términos de resultados. En declaraciones previas hemos insistido en la importancia de la ciencia básica, los instrumentos de conexión con las empresas y los incentivos fiscales al mecenazgo, que deberían ser impulsados en línea con los avances mostrados en 2023-2024, con reducciones fiscales de hasta el 40% de la inversión.
- 3) Iniciativas de innovación regional. Las comunidades autónomas (CC.AA.) están implementando programas de financiación regional como el *Fons d'Inversió en Tecnologia Avançada* (FITA)<sup>6</sup> de Cataluña y el Fondo UPV de Transferencia Tecnológica de Valencia para promover las nuevas empresas en etapa inicial y el desarrollo tecnológico. Se requiere una coordinación de acciones dentro de la EECT a fin de evitar duplicidades y sacar partido de colaboraciones interterritoriales.
- 4) Colaboración Internacional. España participa en iniciativas europeas como el Consejo Europeo de Innovación (EIC) y el Acuerdo de Garantía InvestEU para acceder a fondos adicionales para la investigación, la innovación y la digitalización. El éxito de España en convocatorias internacionales (especialmente UE) ha paliado las carencias propias de nuestro sistema de I+D+i. Habría que consolidar esta tendencia, generando mayor valor añadido en la aplicación de esta financiación (fondos FEDER). Las ayudas para incentivar la incorporación al SECTI de talento consolidado (programa ATRAE) representan una actuación oportuna que debería potenciarse.
- 5) Enfoque sectorial. Las inversiones se están dirigiendo hacia sectores de alto impacto como la biotecnología, la tecnología médica, la tecnología limpia, la IA, las tecnologías espaciales y la ampliación de la tecnología profunda. Estos objetivos de inversión deberían ser revisados de acuerdo con los resultados y considerando otras áreas científicas de gran potencial en España como agricultura y ganadería, humanidades y patrimonio histórico o ciencias del medio ambiente (biodiversidad, clima, ciencias de la Tierra y ciencias marinas).
- 6) Objetivos de transformación digital. Bajo la estrategia “España Digital 2025”, España está acelerando la digitalización en todas las industrias y servicios públicos mientras invierte en ciberseguridad, y desarrollos de IA. La RAC recomienda reforzar estas acciones.
- 7) Apoyo al capital de riesgo. Programas como CDTI NEOTEC proporcionan subvenciones que cubren hasta el 85% de los presupuestos de los proyectos para fomentar un ecosistema empresarial competitivo.

---

<sup>6</sup> [https://www.eif.org/what\\_we\\_do/resources/fita/index.htm](https://www.eif.org/what_we_do/resources/fita/index.htm)

## 2.2. La carrera científica en España

La carrera científica en el SECTI se compone de etapas sucesivas que abarcan el trabajo fin de máster (TFM), doctorado, actividad post-doctoral en España y en el extranjero, retorno al SECTI, consolidación por medio de acceso al empleo público y etapas de promoción a figuras senior. Cada transición puede limitar la carrera científica de las mujeres, incluso con exclusión del SECTI<sup>7</sup>. El problema se presenta claramente en la etapa postdoctoral de las mujeres científicas (véase Apartado 3).

El SECTI no cuenta con el personal necesario. Los indicadores de la OCDE señalan que en 2018, el personal de I+D+i en España era de 9,9 ‰ de Población Activa, en tanto que en la UE eran de 13,2 ‰ y en la UE15 de 14,4 ‰.

Se requiere el rejuvenecimiento de recursos humanos, con un incremento del personal de apoyo a la investigación. Los protocolos de contratación de personal deberían adaptarse al escenario de la ciencia internacional. Algunas recomendaciones son:

- 1) Recortar los tiempos y plazos de las convocatorias.
- 2) Anunciar los contratos a escala internacional, procurando fomentar la internacionalización de los centros en relación a programas de atracción de talento como ATRAE.
- 3) Eliminar barreras burocráticas a la contratación, como la convalidación de títulos que penaliza la movilidad.
- 4) Simplificar y mejorar los procesos de selección de candidatos.
- 5) Diagnosticar problemas de competitividad de nuestras ofertas de trabajo respecto a países de nuestro entorno, incluyendo salarios comparables.
- 6) Ofrecer canales de financiación para contratados senior a fin de consolidar los grupos de investigación.
- 7) Conseguir la igualdad de género en la carrera investigadora (véase Apartado 3).
- 8) Incrementar el número de plazas para reducir la edad de incorporación efectiva a las plantillas de investigación y docencia.

Estas consideraciones deberían aplicarse también a las carreras técnicas dentro del SECTI.

En distintas CC.AA. existen programas de contratación laboral fija de personal investigador como los ICREA, Ikerbasque, Araid, etc. En los OPIs se han implementado nuevas figuras laborales fijas para personal investigador, como los investigadores distinguidos, y contrataciones “tenure track”, que son un avance sobre los contratos “Ramón y Cajal” (RyC).

Sería importante:

- 1) Evitar alargar la carrera investigadora, creando una nueva figura que no obligue a la concatenación de contratos RyC.
- 2) Facilitar la incorporación de investigadores extranjeros simplificando la homologación de títulos y su eliminación para investigadores con trayectoria internacional destacada.

---

<sup>7</sup> [FECYT 2021. EECTI: Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2027. FECYT, Madrid](#)

- 3) Garantizar transparencia en las condiciones laborales y criterios de evaluación, según la acreditación R3 en la UE<sup>8</sup>.
- 4) Acortar los plazos de ejecución de los procedimientos.
- 5) Ofrecer financiación para el inicio de la investigación y para establecimiento en los centros de destino.
- 6) En las universidades, facilitar el sistema de acreditación, ahora innecesariamente complejo. Poner énfasis en los aspectos de calidad según directrices de la “Declaration on Research Assessment” (DORA).
- 7) Evitar la fragmentación de estrategias a escala autonómica, duplicidad de convocatorias y desajustes que complican la alineación de las estrategias nacionales y regionales<sup>9</sup>.

Debe implantarse una novedosa estructura de la carrera docente e investigadora que evite la endogamia, favorezca la internacionalización y movilidad, y emplee criterios de evaluación basados en contenidos y calidad científica.

### 3. La mujer en la ciencia: retos persistentes

La Ley Orgánica 3/2007, de 22 de marzo, para la igualdad efectiva de mujeres y hombres, establece el marco normativo, institucional y de políticas públicas para la igualdad de género en todos los sectores. La Ley 14/2011 de Ciencia, Tecnología e Innovación, actualizada en 2022, traspone este mandato en los centros de investigación y ordena la integración de la perspectiva de género en la ciencia, la tecnología y la innovación, que hace operativo a través de la Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2027.

Según datos de la UNESCO, sólo el 33,3% del personal investigador a nivel mundial son mujeres, y el acceso a carreras de “science, technology, engineering, mathematics” (STEM), sigue condicionado por estereotipos de género y barreras institucionales. En áreas de vanguardia como la IA, sólo 22% son mujeres. Hay barreras y sesgos de género que persisten, y que condicionan las elecciones de las mujeres provocando la segregación laboral, o que condicionan su progresión profesional afectando sus posibilidades de promoción interna o su presencia paritaria en espacios de liderazgo y toma de decisiones.

En España, y en las últimas décadas, los estudios de género han contribuido a desvelar y a conocer ámbitos hasta entonces inexplorados. La presencia de mujeres disminuye conforme se avanza hacia puestos de mayor nivel en la escala profesional. A nivel estatal, menos del 26% son catedráticas de Universidad o profesoras de investigación. Tras el doctorado, la mayor dificultad para consolidar una trayectoria profesional se traduce en dificultades de promoción y menor representación en posiciones de liderazgo.

La presencia de mujeres en los puestos de responsabilidad relacionados con la I+D+i sigue siendo notablemente inferior a la de los hombres. Mientras las investigadoras constituyen un

<sup>8</sup> <https://www.aei.gob.es/convocatorias/buscador-convocatorias/certificado-r3-2023>

<sup>9</sup> OECD (2011) [Regions and Innovation Policy](#), *OECD Reviews of Regional Innovation*, OECD Publishing

42% del personal científico, sólo representan el 20% de los puestos de toma de decisiones, con solo un 8% de mujeres entre los rectores de Universidad. A nivel europeo, sólo el 26% de los puestos directivos están ocupados por mujeres, y esta representación desciende a menos del 15% en el conjunto de (STEM)<sup>10</sup>. En el caso de los OPIs/AEI/CDTI un 50% están dirigidos actualmente por mujeres. En base a datos de la ONU 2022, al ritmo actual de avance en igualdad se necesitaría 140 años para lograr la representación equitativa en puestos de liderazgo.

Para superar estas dificultades deben implementarse políticas que faciliten el desarrollo profesional de las mujeres. Las dificultades de conciliación entre la vida personal y profesional y la precariedad laboral tienen un impacto negativo en la trayectoria de las investigadoras, con períodos de inactividad que lastran su progresión, y provocan el abandono de la carrera científica.

Como medidas recogidas en el informe Científicas en Cifras 2023<sup>11</sup> subrayamos:

- 1) Valoración compensatoria del tiempo de maternidad en los CVs. Esto podría traducirse en la extensión del período de evaluación de méritos.
- 2) Implementación de medidas para eliminar los sesgos de género de los procesos de selección y evaluación, contando con el asesoramiento de personal experto en igualdad.
- 3) Incorporación de la educación como herramienta de cambio, incluyendo la formación de la conciencia de género en todos los niveles de la carrera científica.
- 4) Implementación de medidas de apoyo a la conciliación organizando becas que permitan a los beneficiarios y beneficiarias utilizar un determinado porcentaje de los fondos a gastos relacionados con la conciliación familiar.
- 5) Ampliación de las bases de datos de mujeres en ciencia, para que éstas puedan optar a puestos y actividades relevantes para la promoción de su profesión.

En definitiva, es evidente la necesidad de implementar cambios estructurales y sistémicos, con programas específicos de discriminación positiva, para garantizar que las mujeres puedan acceder y mantenerse en la carrera científica, dado que la diversidad de género es clave para la innovación y el progreso.

---

<sup>10</sup> European Commission: Directorate-General for Research and Innovation (2025) [She Figures 2024 - Gender in research and innovation - Statistics and indicators](#), Publications Office of the European Union

<sup>11</sup> Informe [Científicas en Cifras 2023](#), Secretaría General Técnica del Ministerio de Ciencia e Innovación



## 4. Inteligencia artificial. El papel de las tecnologías de la información y comunicación en Ciencia Abierta y el futuro del conocimiento: las tecnologías de la información y comunicaciones en la ciencia

En este apartado se subraya la creciente importancia de la IA con asuntos que amplían los ya tratados en las Declaraciones de 2023 y 2024. La IA permea varias de las acciones propuestas en apartados anteriores.

Desde su aparición, los computadores electrónicos han sido utilizados para acelerar el avance de la ciencia, participando en hitos importantes como son la secuenciación del genoma humano o la predicción de la estructura de las proteínas, así como con la creación de nuevas disciplinas, tales como la química computacional. Con la potencia de cálculo y la variedad de aplicaciones, han surgido retos como son el incremento de la energía consumida (véase [Declaración-2024](#) de la RAC) o el descubrimiento de problemas intratables, tales como la simulación de sistemas cuánticos.

Para abordar estos retos se requieren nuevas líneas de actuación, como son:

- 1) La utilización de sistemas de IA para un cribado de los experimentos a realizar en el futuro.
- 2) La sustitución de complejas simulaciones por sistemas de IA, para conseguir resultados aproximados con tiempos de cálculo reducidos.
- 3) El uso de IA para procesar grandes cantidades de datos, encontrar relaciones entre los mismos y realizar predicciones.
- 4) El uso de herramientas avanzadas de IA para asistir en el descubrimiento científico.
- 5) La utilización de computadores cuánticos para resolver problemas que por su complejidad son intratables en supercomputadores convencionales.

### 4.1. Utilización de sistemas de IA para acelerar la investigación en los laboratorios: los casos de la síntesis de catalizadores y datos masivos biológicos

Se han elegido ejemplos que demuestran las ventajas del uso de la IA para reducir el número de experimentos para obtener determinados resultados y que su aplicación requiere un esfuerzo continuado de investigación, a la que España debería prestar atención.

Se ha demostrado la utilidad de las redes neuronales artificiales para modelizar datos catalíticos de catálisis combinatoria y predecir nuevas composiciones potenciales de catalizadores para la deshidrogenación oxidativa del etano<sup>12</sup>. Los resultados indican que las redes neuronales son útiles en la gestión de datos de alta dimensión dentro de los procedimientos de búsqueda de catálisis combinatoria, ya que permiten la evaluación *ab initio* de la reactividad de catalizadores multicomponentes.

---

<sup>12</sup> A. Corma, J.M. Serra, E. Argente, V. Botti, S. Valero (2002) [Application of artificial neural networks to combinatorial catalysis: Modeling and predicting ODHE catalysts](#). *ChemPhysChem* 3 (11), 939-945

Otro estudio demostró que los sistemas cristalinos multifásicos en la síntesis de zeolitas pueden modelizarse utilizando redes neuronales y considerando como variables de entrada las composiciones molares del gel de síntesis de partida<sup>13</sup>. El estudio dio como resultado un modelo no lineal capaz de predecir la aparición y cristalinidad de la zeolita beta y de las fases competidoras con mucha mayor precisión que los modelos cuadráticos clásicos.

Otro enfoque consiste en combinar redes neuronales y un algoritmo genético para optimizar el descubrimiento de nuevos materiales y condiciones de proceso en reactores catalíticos a escala industrial<sup>14</sup>. Además, se ha desarrollado una nueva codificación para algoritmos genéticos, que aborda optimizaciones considerando simultáneamente como variables las complejas formulaciones de los catalizadores y las diferentes condiciones de síntesis/ensayo.

En el campo de la biomedicina, mapas neuronales auto-organizados aplicados a los miles de genomas presentes en cada aislado de SARS-CoV-2, el agente causal de la COVID-19, permitieron organizar la información de un amplísimo número de datos genéticos y mostrar que algunos de ellos anticipaban nuevos comportamientos en la multiplicación del virus<sup>15</sup>. Estos ejemplos ilustran el potencial de la ciencia española en abrir nuevas vías de trabajo basadas en IA en campos tan diversos como son la física, la química y la medicina, que merecen ser apoyadas.

#### **4.2. Utilización de sistemas de IA para reducir los tiempos de cálculo de las simulaciones: El caso de la previsión meteorológica**

Se ha incluido este caso porque ha demostrado las ventajas que supone la IA para reducir los tiempos de cálculo y el consumo de energía. También ilustra que la aplicación de la IA requiere un esfuerzo continuado de investigación del que España no debería excluirse.

Los servicios meteorológicos proponen periódicamente ajustes en los modelos de previsión, que son costosos en su desarrollo y en recursos informáticos. Los algoritmos de IA tienen la ventaja de permitir resolver problemas varios órdenes de magnitud más rápidamente que los enfoques clásicos. Los modelos clásicos de previsión meteorológica son aproximaciones del sistema real, limitadas por nuestra comprensión de los procesos y por las restricciones impuestas por los recursos computacionales. En cambio, los modelos de IA aprenden por sí mismos, a partir de conjuntos de datos muy amplios, las mejores relaciones estadísticas. Los modelos de IA suelen ser menos interpretables pero en cambio permiten descubrir relaciones complejas que los científicos aún no han identificado. La IA puede combinarse con modelización física en modelos híbridos de previsión<sup>16,17</sup>; éste es básicamente el enfoque

---

<sup>13</sup> M. Moliner, J.M. Serra, A. Corma, E. Argente, S. Valero, V. Botti (2005) [Application of artificial neural networks to high-throughput synthesis of zeolites](#). *Microporous and Mesoporous Materials* 78 (1), 73-81

<sup>14</sup> S. Valero, E. Argente, V.J. Botti, M. Moliner, J.M. Serra, P. Serna, M. Moliner, A. Corma (2009) [DoE framework for catalyst development based on soft computing techniques](#). *Comput. Chem. Eng.* 33(1): 225-238

<sup>15</sup> Delgado et al. (2024) [Incipient functional SARS-CoV-2 diversification identified through neural network haplotype maps](#). *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 121 (10) e2317851121

<sup>16</sup> L. Raynaud (2025) [Artificial intelligence for weather forecasting](#). Encyclopedia of the Environment

<sup>17</sup> A. Doury, S. Somot, S. Gadat et al. (2023) [Regional climate model emulator based on deep learning: concept and first evaluation of a novel hybrid downscaling approach](#). *Clim. Dyn.* 60, 1751-1779

seguido por NeuralGCM, el modelo de previsión híbrido desarrollado por investigadores de Google<sup>18</sup>.

El último ejemplo se refiere a los sistemas de previsión por conjuntos, para caracterizar distintos escenarios meteorológicos posibles gracias a la elaboración paralela de varias previsiones. Hoy en día constituye el núcleo de la estrategia de numerosos servicios de previsión; el número de realizaciones sigue estando limitado por los recursos informáticos disponibles. Estudios recientes<sup>19</sup> demuestran que, apoyándose en algoritmos de IA generativa, es posible producir campos meteorológicos realistas guiados por simulaciones físicas, y allanar así el camino para previsiones de conjuntos híbridos.

#### 4.3. Utilización de sistemas de IA avanzados para asistir en el descubrimiento científico

La integración de herramientas avanzadas de IA está acelerando los descubrimientos científicos. Un ejemplo destacado es el *AI co-scientist* de Google<sup>20</sup>, que funciona mediante un sistema de agentes múltiples que intentan emular el método científico (generación de hipótesis y su priorización).

Un caso ilustrativo lo constituye el trabajo del profesor José R. Penadés y su equipo en el *Imperial College* de Londres acerca de bacterias multirresistentes a antibióticos<sup>21</sup>. Sorprendentemente, el *AI co-scientist* llegó a la misma conclusión que la alcanzada tras una década de investigación, en solo 48 horas, proponiendo además otras cuatro hipótesis relevantes, una de las cuales el equipo no había considerado previamente.

Entre las limitaciones del *AI co-scientist* está la generación de hipótesis erróneas o sesgadas, por lo que sigue siendo fundamental la intervención humana para evaluar críticamente sus propuestas. Aunque ha sido probado en el ámbito biomédico con resultados alentadores, su aplicabilidad a otras disciplinas científicas requiere validaciones adicionales.

#### 4.4. Utilización de IA para resolver problemas derivados del cambio climático, o problemas de sostenibilidad

La IA juega un papel clave en la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular en la lucha contra el cambio climático y la promoción de la sostenibilidad<sup>22</sup>. En el ámbito del ODS 13 (Acción por el Clima), la IA facilita la modelización del cambio climático y la integración de energías renovables en redes inteligentes. Se ha convertido en una herramienta fundamental para analizar grandes volúmenes de datos, predecir eventos climáticos extremos o la optimización de los recursos naturales<sup>23</sup>. También se ha aplicado a la

---

<sup>18</sup> D. Kochkov, J. Yuval, I. Langmore et al. (2024) [Neural general circulation models for weather and climate](#). *Nature* 632, 1060-1066

<sup>19</sup> C. Brochet, L. Raynaud, N. Thome, M. Plu and C. Rambour (2023) [Multivariate Emulation of Kilometer-Scale Numerical Weather Predictions with Generative Adversarial Networks: A Proof of Concept](#). *Artif. Intell. Earth Syst.* 2, 230006

<sup>20</sup> <https://research.google/blog/accelerating-scientific-breakthroughs-with-an-ai-co-scientist/>

<sup>21</sup> <https://www.bbc.com/news/articles/clyz6e9edy3o>

<sup>22</sup> R. Vinuesa, H. Azizpour, I. Leite, M. Balaam, V. Dignum, S. Domisch, ... & F. Fuso Nerini (2020) [The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals](#). *Nature communications*, 11(1), 233

<sup>23</sup> D. Rolnick, P.L. Donti, L.H. Kaack, K. Kochanski, A. Lacoste, K. Sankaran, ... & Y. Bengio (2022) [Tackling climate change with machine learning](#). *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 55(2), 1-96

conservación de la biodiversidad, mediante el análisis de imágenes satelitales para detectar la desertificación o la identificación de vertidos de petróleo en los océanos.

Durante los últimos años, se ha consolidado como una herramienta esencial para impulsar prácticas sostenibles en áreas agrícolas y ganaderas<sup>24,25</sup>. Técnicas avanzadas como el *deep learning* (DL) y la visión por computador se utilizan para monitorizar la salud de los cultivos o el bienestar animal.

La plataforma *DeepSeek*, se centra en una IA sostenible, aprovechando técnicas avanzadas de DL para optimizar el procesamiento de información mientras minimiza el consumo energético. La plataforma busca reducir la huella de carbono sin comprometer la precisión, contribuyendo así a soluciones de IA verde y responsable. Además, se integra de manera fluida con tecnologías emergentes, como mini GPT, para potenciar aún más sus capacidades en el procesamiento de datos y en la precisión de las predicciones. Esta sinergia entre tecnologías emergentes y estrategias sostenibles marca un avance significativo en el desarrollo de soluciones de inteligencia artificial que responden a los retos ambientales y energéticos actuales. España debería considerar esta perspectiva al planificar sus inversiones en ciencia.

También se han empleado técnicas de aprendizaje automático para la gestión eficiente de la energía en redes eléctricas inteligentes (*smart grids*). Un caso de éxito en la industria es el de Ecovidrio, que ha implementado IA para optimizar la recogida selectiva de envases de vidrio en España y promover prácticas sostenibles<sup>26</sup>.

Son muchas las actividades humanas (diseños urbanísticos, transporte público, control del tráfico, etc.) en las que la IA juega un papel crecientemente importante y serán abordados en declaraciones posteriores de nuestra Academia. A pesar de los múltiples desarrollos, el sector se enfrenta a retos significativos en España, como son la insuficiente inversión en I+D+i y la escasez de profesionales especializados en esta intersección entre tecnología y sostenibilidad, lo que limita su crecimiento y competitividad a nivel internacional.

#### **4.5. Utilización de computadores cuánticos para resolver problemas que por su complejidad son intratables en supercomputadores convencionales.**

Los ordenadores cuánticos fueron propuestos por primera vez por Richard Feynman en 1981 como una posible solución al problema de la simulación de los sistemas cuánticos que, en muchos casos, son intratables incluso para los superordenadores actuales. La idea subyacente era que para abordar problemas asociados a la física cuántica era más natural utilizar tecnología basada precisamente en esa misma física. La UNESCO declaró este 2025 como el Año Internacional de la Ciencia y Tecnologías Cuánticas, hito del cual la RAC se hace eco.

---

<sup>24</sup> N. Gayathri, G.J.W. Kathrine & P. Raj (Eds.) (2024) [Artificial Intelligence for Precision Agriculture](#). Taylor & Francis Limited

<sup>25</sup> M. Padhiary, D. Saha, R. Kumar, L.N. Sethi & A. Kumar (2024) [Enhancing precision agriculture: A comprehensive review of machine learning and AI vision applications in all-terrain vehicle for farm automation](#). *Smart Agricultural Technology*, 100483

<sup>26</sup> <https://www.ecovidrio.es/aran-la-ia-de-ecovidrio>

Los dispositivos cuánticos han servido para descubrir nuevos efectos cuánticos relacionados con la superconductividad<sup>27</sup> o la termalización<sup>28</sup>, así como para la verificación de predicciones teóricas meramente cualitativas, como la transición de Bose-Hubbard<sup>29</sup>, los cristales temporales<sup>30</sup>, o los supersólidos<sup>31</sup> (como artículo de revisión véase<sup>32</sup>).

La física cuántica también ha aportado nuevos métodos de simulación clásica, pero de inspiración cuántica, que están utilizándose, no solo para la simulación de sistemas cuánticos, sino también para abordar de manera novedosa la simulación de problemas difíciles puramente clásicos, como son la resolución de algunas ecuaciones diferenciales que modelan el comportamiento de fluidos, la optimización de problemas en finanzas, o problemas asociados a la IA. Numerosas *start-ups* de tecnologías cuánticas tienen en estos algoritmos de inspiración cuántica su principal valor de mercado actual.

Pero la computación y simulación cuánticas no son las únicas tecnologías cuánticas. El sensado cuántico tiene el potencial de conseguir mejoras muy significativas en el terreno de las imágenes médicas y la criptografía cuántica abre la puerta a tener comunicaciones con seguridad demostrable. Es precisamente la criptografía cuántica la tecnología cuántica más avanzada actualmente, con redes de comunicación segura a nivel urbano ya en fase experimental. De hecho, Madrid cuenta con una de las redes experimentales de criptografía cuántica más grandes del mundo<sup>33</sup>, de nuevo un aspecto que debería considerarse en la planificación de nuestra ciencia.

En resumen, la ciencia española debe aumentar su inversión en investigación básica y aplicada, para acercarse a una posición de liderazgo social y económico dentro de la UE, en un momento en que se abren retos hasta ahora insospechados cuyo abordaje requiere herramientas rupturistas.

---

<sup>27</sup> Y. Cao, V. Fatemi, S. Fang *et al.* (2018) [Unconventional superconductivity in magic-angle graphene superlattices](#). *Nature* 556, 43-50

<sup>28</sup> J. Choi, S. Hild, J. Zeiher *et al.* (2016) [Exploring the many-body localization transition in two dimensions](#). *Science* 352 (6293), pp. 1547-1552

<sup>29</sup> M. Greiner, O. Mandel, T. Esslinger *et al.* (2002) [Quantum phase transition from a superfluid to a Mott insulator in a gas of ultracold atoms](#). *Nature* 415, 39-44

<sup>30</sup> X. Mi, M. Ippoliti, C. Quintana *et al.* (2022) [Time-crystalline eigenstate order on a quantum processor](#). *Nature* 601, 531-536

<sup>31</sup> D. Trypogeorgos, A. Gianfrate, M. Landini *et al.* (2025) [Emerging supersolidity in photonic-crystal polariton condensates](#). *Nature* 639, 337-341

<sup>32</sup> A.J. Daley, I. Bloch, C. Kokail *et al.* (2022) [Practical quantum advantage in quantum simulation](#). *Nature* 607, 667-676

<sup>33</sup> <https://madqci.es/>

## Agradecimientos

La Real Academia de Ciencias agradece a Amparo Alonso, Belén Alonso, Verónica Bolón, Fernando Briones, Manuel de León, Esteban Domingo, José Duato, Esther Garcés, Pedro Jordano, Juan Lerma, Fernando Maestre, Nazario Martín, David Pérez, Aurora Santos y Luis Somoza su trabajo de preparación de la presente Declaración y al Pleno de la Academia por un valioso debate y comentarios.

También agradece a la Asociación de Amigos de la Academia (aRAC) y a su Presidente D. José María Fuster su generoso e importante apoyo para la difusión del contenido de la Declaración.



**REAL ACADEMIA DE CIENCIAS  
EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES  
DE ESPAÑA**