

GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES

ESTRATEGIA ESPAÑOLA
DE I+D+I EN INTELIGENCIA
ARTIFICIAL

ESTRATEGIA ESPAÑOLA DE I+D+I EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, 2019



Publicación incluida en el programa editorial del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.

Catálogo general de publicaciones oficiales

<https://cpage.mpr.gob.es>

La autoría de esta publicación corresponde a la Secretaría General de Coordinación de Política Científica del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades y al Grupo de Trabajo en Inteligencia Artificial GTIA.

Edita: Secretaría General Técnica del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.



Diseño y maquetación: FECYT – Fundación Española para la Ciencia y Tecnología.

e-NIPO: 692-19-005-7

Imagen de portada: Adobe Stock



Esta licencia permite a otros entremezclar, ajustar y construir a partir de su obra con fines no comerciales, y aunque en sus nuevas creaciones deban reconocerle su autoría y no puedan ser utilizadas de manera comercial, no tienen que estar bajo una licencia con los mismos términos.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.es>

Prólogo de Pedro Duque	5
Agradecimiento del Secretario General de Coordinación de Política Científica	6
Sobre el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades	7
Sobre la Secretaría General de Coordinación de Política Científica	7
Sobre el Grupo de Trabajo de I+D+I en Inteligencia Artificial	7
Resumen Ejecutivo	8
Exposición de motivos	
Elaboración de la Estrategia Española de I+D+I en Inteligencia Artificial	11
Preámbulo. Sobre la Inteligencia Artificial y su eclosión en esta década	12
Proceso de elaboración de la Estrategia Española de I+D+I en Inteligencia Artificial: un primer paso hacia una Estrategia Nacional de IA	15
Inteligencia Artificial: Análisis del Sistema de I+D+I Español	17
Mecanismos de articulación e Instrumentos para la financiación	20
Prioridades de la Estrategia Española de I+D+I en Inteligencia Artificial	23
Prioridad 1. Hacia una estructura organizativa que permita desarrollar un sistema de I+D+I en IA y valorar su impacto	24
Prioridad 2. Establecer áreas estratégicas donde desarrollar las actividades de I+D+I en IA	27
IA para la Sociedad	29
Administración Pública	29
Educación	29
Ciudades y Territorios Inteligentes y sostenibles	30
Salud	30
IA para la Economía	31
Industria Conectada 4.0	31
Recursos Naturales, Energía y Medio Ambiente	32
Seguridad	33
Turismo e industrias creativas, culturales y basadas en la experiencia	34
Prioridad 3. Definir y desarrollar acciones que permitan la transferencia de conocimiento	35
Prioridad 4. Desarrollar un sistema que fomente la formación transversal y profesional en Inteligencia Artificial	36
Prioridad 5. Desarrollar un ecosistema digital de datos y valorizar las infraestructuras	38
Prioridad 6: Analizar la ética de la IA desde la perspectiva de la I+D+I.	40

Recomendaciones	42
Recomendación 1: Lanzar una Estrategia Nacional para la IA	43
Recomendación 2: Valor de la IA para alcanzar los ODS marcados por la Agenda 2030	43
Recomendación 3: Impactar con la IA el tejido social y económico	43
Recomendación 4: Incluir el conocimiento y uso de la IA en el mercado laboral y fomento, recuperación y atracción del talento	44
Recomendación 5: IA para el uso de datos de las AAPP	44
Recomendación 6: Incluir la IA en el sistema educativo como palanca de cambio tecnológico del país	45
Recomendación 7: Velar por un uso ético de la IA en todos sus campos de aplicación	45
Acrónimos	46



PRÓLOGO DE PEDRO DUQUE

Ministro de Ciencia, Innovación y Universidades del Gobierno

Alan Turing publicaba en 1950 su artículo "*Computing Machinery and Intelligence*" ("Ordenador e inteligencia"), en el que establecía el test que hoy lleva su nombre. Decía que si una máquina se comportase en todos los aspectos como inteligente, entonces debe ser inteligente. Más de 60 años después, la Inteligencia Artificial es un conjunto de tecnologías cada vez más avanzadas que ya están cambiando nuestras vidas y que lo harán con mucha mayor incidencia en el futuro.

Aún estamos lejos de conseguir que las máquinas se comporten en todos los aspectos como inteligentes, pero la disponibilidad de tecnologías basadas en la Inteligencia Artificial, sobre todo la creciente capacidad de las máquinas para almacenar y evaluar enormes cantidades de información y sacar de ellas conclusiones, nos anuncia que ha llegado el momento de estar preparados. Estas tecnologías son ya uno de los principales factores de crecimiento; sus productos, servicios y sistemas ya están en el hogar y en las calles y su impacto económico global se estima en 14 billones (millones de millones) de euros para el año 2030.

Cada vez parece más claro que la IA nos llevará a una nueva realidad social y económica. Ya lo está haciendo. China y Estados Unidos están avanzando mucho en este campo, mientras la Unión Europea trabaja para que los Estados Miembros dediquemos esfuerzos a la IA, por lo que ha puesto 2019 como plazo para que cada país desarrolle su Estrategia Nacional.

La presente **Estrategia Española de I+D+I en Inteligencia Artificial** se configura como el elemento troncal de una visión de I+D+I propia clave para el desarrollo del marco europeo denominado "Plan Coordinado de la IA", aprobado a finales de 2018. Además, se alinea con los esfuerzos dirigidos al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible marcados en el Plan de Acción para la Implementación de la Agenda 2030 en España.

Esta Estrategia es fruto del trabajo desarrollado estos meses por un grupo de expertos en las diferentes tecnologías de la IA. Establece seis **prioridades**, cuyo objetivo principal es hacer más eficaces las herramientas dirigidas al fomento de la I+D+I e indicar cómo y dónde las distintas tecnologías pueden ayudar al crecimiento de nuestro país. La medicina personalizada, la digitalización de servicios dirigidos al turismo, los desafíos que plantean la ciberseguridad o una administración pública interoperable y digital son algunos de los retos que la Inteligencia Artificial ayudará a resolver en España.

La Estrategia nace también con siete **recomendaciones** que buscan en las distintas políticas públicas alinear adaptaciones normativas, estructurales y organizativas a los logros conseguidos en Inteligencia Artificial. Tanto es así, que la Comisión Delegada del Gobierno para Política Científica y Técnica y de Innovación, cuya presidencia ostenta la vicepresidenta del Gobierno y en la que están presentes 11 ministros, acordó, en diciembre de 2018, la creación de un grupo de trabajo interministerial que debe dar respuesta a este eje estratégico de la sociedad española del siglo XXI. Esta Estrategia será, por tanto, el embrión de la futura **Estrategia Nacional para la Inteligencia Artificial**, que nos va a permitir coordinar y alinear las inversiones y políticas del Estado, redundando en la mejora de las sinergias y facilitando que las inversiones públicas y privadas estén dirigidas a incentivar el uso de estas tecnologías en nuestra sociedad y economía.

Pedro Duque
Ministro de Ciencia, Innovación y Universidades



AGRADECIMIENTO DEL SECRETARIO GENERAL DE COORDINACIÓN DE POLÍTICA CIENTÍFICA

En la elaboración de la presente Estrategia han participado muchas personas, entre las que queremos hacer un reconocimiento especial a las que conformaron el Grupo de Trabajo de Inteligencia Artificial liderado por el Profesor de Investigación Ramón López de Mántaras, Premio Nacional de Investigación 2018 del Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Este grupo ha contado entre sus miembros con Josep Maria Martorell del Barcelona Supercomputing Center-Centro Nacional de Supercomputación; Francisco Herrera y Oscar Cordón de la Universidad de Granada; Josep Lladós del Centre de Visió per Computador de la Universidad Autónoma de Barcelona; Pedro Larrañaga y Asunción Gómez Pérez de la Universidad Politécnica de Madrid; Ulises Cortés de la Universidad Politécnica de Cataluña; Amparo Alonso Betanzos como Presidenta de la Asociación Española de Inteligencia Artificial y profesora de la Universidad de La Coruña; Joseba Laka y Javier del Ser de Tecnalia; y miembros de los Gabinetes de esta Secretaría General de Coordinación de Política Científica, Petra Fernández, Elisa Robles y David González; de la Secretaría de Estado

de Universidades, Investigación, Desarrollo e Innovación, Francisco Salvador y Gonzalo Remiro del Gabinete del Ministro de Ciencia, Innovación y Universidades.

Este grupo ha logrado mostrar en esta Estrategia el carácter transformador global de estas tecnologías, ha identificado puntos clave donde los distintos niveles de la administración pública debe centrar sus esfuerzos: no sólo en la financiación y en la mejora de las herramientas que permitan desarrollar las tecnología de IA y sus usos, sino también cómo y dónde deben alinearse los intereses en España, en Europa y a nivel global; la identificación de áreas estratégicas, que a través de los recursos y servicios que puede ofrecer la IA, resultarán esenciales para el desarrollo social y económico de España; y el grado de madurez en la implementación de las tecnologías de IA. Todo ello resulta imprescindible a la hora de desarrollar una España dentro de esta nueva era digitalizada.

Su trabajo ha permitido ver con claridad las áreas de interlocución de la IA en diferentes áreas de las AAPP, por lo que el trabajo reflejado en la presente Estrategia Española de I+D+I en Inteligencia Artificial resultará imprescindible en la redacción de la Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial de la que es responsable el Grupo de Trabajo de Inteligencia Artificial creado en la Comisión Delegada de Ciencia, Tecnología e Innovación y que comienza en febrero de 2019 su trabajo.

Finalmente, nuestro agradecimiento a las opiniones y comentarios vertidos por las siguientes personas: Federico Buyolo, Director General del Alto Comisionado Agenda 2030; Agustina Piedrabuena, Emilio García y Juan Santaella de la Secretaría de Estado de Avance Digital del Ministerio de Economía y Empresa y Enric Banda como Presidente del Consejo Asesor de Ciencia, Tecnología e Innovación.

Rafael Rodrigo
Secretario General de Coordinación de Política Científica

SOBRE EL MINISTERIO DE CIENCIA

El Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades es el departamento de la Administración General del Estado encargado de la ejecución de la política del Gobierno en materia de universidades, investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación en todos los sectores. El Ministerio asume la dirección de las relaciones internacionales en esta materia y la representación española en programas, foros y organizaciones internacionales y de la Unión Europea de su competencia.

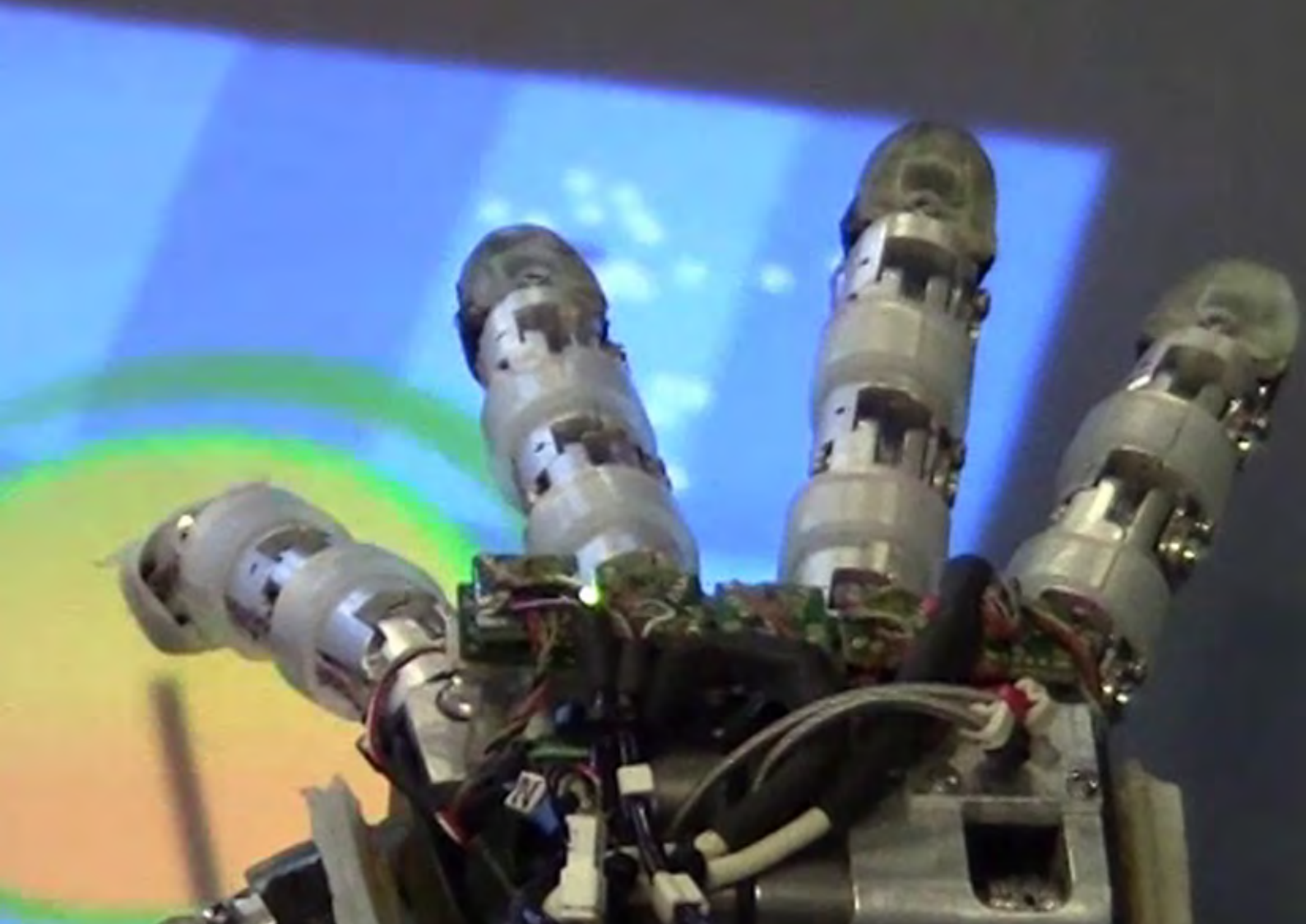
SOBRE LA SECRETARÍA GENERAL DE COORDINACIÓN DE POLÍTICA CIENTÍFICA

La Secretaría General de Coordinación de Política Científica (SGCPC), unidad que depende directamente del Ministro de Ciencia, Innovación y Universidades (MCIU), tiene como función esencial respecto a esta Estrategia de I+D+I en Inteligencia Artificial (IA) dar impulso y coordinar las actividades de promoción de la IA, diseñando la planificación estratégica y facilitando la cooperación internacional en I+D+I. Además, coordinar la posición del MCIU con otros departamentos ministeriales así como la participación española en la elaboración, diseño y seguimiento de las políticas europeas en IA.

SOBRE EL GRUPO DE TRABAJO DE I+D+I EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL

El Ministerio, en consonancia con los estudios y trabajos iniciados por la Comisión Europea en materia de Inteligencia Artificial, ha creado un Grupo de Trabajo en IA (GTIA) cuya misión principal ha sido la de realizar un borrador que sirva como base para diseñar y aprobar una Estrategia de I+D+I en Inteligencia Artificial, y que será presentado en un acto oficial en el mes de marzo de 2019.

Este documento ha sido posible gracias a las contribuciones de Ramón López de Mántaras (IIIA-CSIC), Josep Maria Martorell (BSC-CNS); Francisco Herrera y Oscar Cordón (UGR); Josep Lladós (CVC-UAB); Pedro Larrañaga y Asunción Gómez Pérez (UPM); Ulises Cortés (UPC); Amparo Alonso Betanzos (AEPIA); Joseba Laka y Javier del Ser (Tecnalia); Petra Fernández, Elisa Robles, David González, Francisco Salvador, y Gonzalo Remiro (MCIU).



RESUMEN EJECUTIVO

La IA fue definida por J. McCarthy en 1956, como “la ciencia e ingeniería de hacer máquinas que se comporten de una forma que llamaríamos inteligente si el humano tuviese ese comportamiento”. La IA es un área de la informática y comparte algunas técnicas con otras disciplinas, como las matemáticas y la estadística o la ciencia cognitiva. Debido a la creciente complejidad de sus aportaciones es cada vez más interdisciplinar, con sinergias con la biología, la filosofía, el mundo del derecho, la psicología, la sociología y la economía.

En este momento, la IA es una de las disciplinas que puede influir más en la rápida transición hacia una nueva sociedad y economía. Es una revolución tecnológica, por lo que España debe involucrarse en el desarrollo de una estrategia de investigación, desarrollo tecnológico e innovación que contribuya a la generación de beneficios económicos y sociales en nuestro país.

El Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (MCIU), en línea con la Comunicación de 2018 de la Comisión Europea al Parlamento Europeo, al Consejo Europeo, al Consejo y al Comité Económico y Social sobre IA para Europa, y el posterior Plan Coordinado sobre IA, ha trabajado en una Estrategia Española de I+D+I en Inteligencia Artificial. Este Ministerio creó en noviembre de 2018 el GTIA dedicado al diseño de dicha Estrategia.

La Estrategia para la IA en I+D+I de España establece una serie de **Prioridades** que serán enmarcadas en la nueva Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación (EECTI) 2021-2028 y que deberán ser desarrolladas en iniciativas y actividades definidas y financiadas a través de los Planes Estatales de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECTI), movilizand las sinergias entre los distintos niveles de la administración pública y mediante el codesarrollo del sector público y privado. Es una condición en el desarrollo de las tecnologías y aplicaciones de la IA ligada a esta Estrategia evitar el sesgo negativo y los prejuicios de los que adolece nuestra sociedad, como el de género, raza u otras formas de discriminación, y de los que deberán librarse los sistemas de decisión de la IA.

Igualmente, incluye una serie de **Recomendaciones** que trascienden la I+D+I y reclaman la presencia de otros sectores y departamentos ministeriales debido a la naturaleza multidisciplinar y transversal de la IA y la mencionada revolución tecnológica y social que implica. Dentro de éstas conviene remarcar el carácter de eje estratégico de la sociedad española del siglo XXI de la IA. Tras el acuerdo de la Comisión Delegada para Política Científica, Tecnológica y de Innovación para crear un Grupo de Trabajo Interministerial en IA en diciembre de 2018, las Administraciones competentes desarrollarán una **Estrategia Nacional para la IA**. Esta Estrategia Nacional incluirá ámbitos más allá de la I+D+I, que con toda certeza serán alterados por la entrada de la IA en la sociedad como son el mercado laboral, el modelo educativo, la legislación en vigor y las relaciones dentro de la propia sociedad con los nuevos servicios y sistemas desarrollados.

La Estrategia marca las siguientes **Prioridades**:

- I. Lograr una **estructura organizativa** que permita desarrollar un sistema de I+D+I en IA y medir su impacto.
- II. Establecer **áreas estratégicas** en las que es necesario centrar los esfuerzos de las actividades de I+D+I.
- III. Facilitar la **transferencia del conocimiento** y su retorno a la sociedad.
- IV. Planificar las acciones de **formación y profesionalización** en el ámbito de la IA.
- V. Desarrollar un **ecosistema digital de datos** y valorizar las infraestructuras disponibles.
- VI. Analizar la **ética de la IA** desde la perspectiva de la I+D+I.

La Estrategia realiza las siguientes **Recomendaciones**:

- I. Lanzar una **Estrategia Nacional para la IA** que permita el desarrollo e implementación de medidas específicas dirigidas a los sectores estratégicos nacionales. La evaluación y seguimiento de dichas medidas podrá ser realizada a través de un **Observatorio Español de la IA**.
- II. Aprovechar la IA para alcanzar los objetivos marcados en la **Agenda 2030**.
- III. Diseñar e Implementar actuaciones específicas que impulsen la transferencia de conocimiento al entorno socioeconómico.
- IV. Lanzar o adaptar los programas de **fomento de vocaciones, no limitado a la I+D**, así como la **atracción, retención y recuperación de talento** dirigidas a la IA.
- V. Usar la IA para garantizar un uso óptimo de los datos abiertos. Crear un **Instituto Nacional de Datos** que permita planificar y definir una gobernanza sobre los datos procedentes de los diferentes niveles de la Administración Pública.
- VI. Detectar las necesidades de **adaptación y mejora de competencias** en los distintos niveles de nuestro sistema educativo.
- VII. Velar porque todas las actividades e iniciativas derivadas de los marcos estratégicos enfocados al desarrollo de la IA, así como sus resultados cumplen con los **compromisos éticos, legales y sociales** de nuestro país y de nuestro entorno europeo.

Nombre: FileSystem autoprotegido para
DRONES y equipos de información
confidencial.
Acrónimo: DRONE-FS
Fecha: 2015
Referencia: PECTI RTC-2015-4064-8
Autor: TECNALIA



EXPOSICIÓN DE MOTIVOS: ELABORACIÓN DE LA ESTRATEGIA ESPAÑOLA DE I+D+I EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL

PREÁMBULO. SOBRE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SU ECLOSIÓN EN ESTA DÉCADA

La IA se puede definir como la Ciencia e Ingeniería que permite diseñar y programar máquinas capaces de llevar a cabo tareas que requieren inteligencia para ser realizadas. Más que conseguir inteligencia de tipo general, la IA actual se focaliza en lo que se conoce como IA específica, que está produciendo resultados muy importantes en muchos ámbitos de aplicación como por ejemplo en procesamiento de lenguaje natural o en visión artificial; sin embargo, desde un punto de vista científico y de investigación básica y aplicada, la IA general sigue siendo el gran objetivo a alcanzar, es decir, crear un ecosistema con sistemas inteligentes multitarea.

Es importante señalar la relevancia de la IA, su carácter interdisciplinar y su capacidad de acelerar soluciones socioeconómicas globales que permitan acercar el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030. Los Gobiernos son conscientes de esa responsabilidad frente a los desafíos de las nuevas tecnologías en general y la IA en particular. La IA facilitará el uso de la tecnología para la orientación de políticas que mejoren la seguridad y el desarrollo; eviten la discriminación de género y raza; luchen contra la pobreza; posibiliten el despliegue de la ayuda ante desastres naturales o la cobertura universal de salud; pero también puede acarrear riesgos que debemos prevenir y solventar incluyendo transparencia en los algoritmos y modelos, evitando la manipulación de comportamientos, tomando medidas ante la automatización del trabajo, abordando la equidad de los modelos y promoviendo un uso honesto de la tecnología.

El potencial económico y social de la IA es un tema central en la discusión de sus posibles impactos. Algunos estudios pronostican que la IA podría añadir alrededor de 14 billones (millones de millones) de euros a la economía global en el año 2030 y duplicar las tasas de crecimiento económico para 2035¹. Esta nueva situación cambiaría el concepto de trabajo en este proceso transformador de la economía y la sociedad. Además, la IA puede proporcionar una amplia gama de oportunidades para las empresas permitiendo una mejor comprensión de sus procesos, las necesidades de sus clientes y socios, y el entorno empresarial en general. Es notable el uso de la industria financiera de estos avances tecnológicos adaptando tecnologías disruptivas de registro distribuido (en inglés *Distributed Ledger Technologies*) como el *blockchain*. La IA también puede permitir el disponer de servicios públicos más baratos y más personalizados en áreas fundamentales, como son por ejemplo, la salud y la educación.

Por ello, los Gobiernos de todo el mundo están tomando conciencia del poder transformador de la IA para sus economías, servicios públicos y mercados laborales² y, en consecuencia, están reconociendo cada vez más la necesidad de contar con estrategias nacionales integrales de IA. En la actualidad numerosos países han publicado o anunciado públicamente enfoques de políticas que describen explícitamente como estrategias de IA, algunas de las cuales presentan un plan de inversión asociado: Canadá³, China⁴, los Emiratos Árabes Unidos⁵, India⁶, Singapur⁷, Corea del Sur⁸, Francia⁹, Suecia¹⁰, Japón¹¹ y los países que conforman la región báltica¹². Otros países también tienen estrategias de IA contenidas en áreas

¹ <https://press.pwc.com/News-releases/ai-to-drive-gdp-gains-of--15-7-trillion-with-productivity--personalisation-improvements/s/3cc702e4-9cac-4a17-85b9-71769fba82a6>

² Artificial Intelligence and Robotics and Their Impact on the Workplace. <https://www.ibanet.org/Document/Default.aspx?DocumentUid=c06aa1a3-d355-4866-beda-9a3a8779ba6e>

³ <https://www.cifar.ca/assets/pan-canadian-artificial-intelligence-strategy-overview/>

⁴ http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm

⁵ <https://government.ae/en/about-the-uae/strategies-initiatives-and-awards/federal-governments-strategies-and-plans/uae-strategy-for-artificial-intelligence>

⁶ http://niti.gov.in/writereaddata/files/document_publication/NationalStrategy-for-AI-Discussion-Paper.pdf

⁷ <https://www.aisingapore.org/>

⁸ https://english.msit.go.kr/cms/english/pl/policies2/_icsFiles/afieldfile/2017/07/20/Master%20Plan%20for%20the%20intelligent%20information%20society.pdf

⁹ https://www.aiforhumanity.fr/pdfs/MissionVillani_Report_ENG-VF.pdf

¹⁰ <https://lt.co/s2vUaaacd/>

¹¹ https://japan.kantei.go.jp/97_abe/actions/201604/12article6.html

¹² <http://www.norden.org/sv/nordiska-ministerraadet/ministerraad/nordiska-ministerraadet-foer-digitalisering-201720132020-mr-digital/deklarationer/ai-in-the-nordic-baltic-region>

más amplias: Reino Unido¹³, Dinamarca¹⁴, Finlandia¹⁵ y otros, como Alemania¹⁶, la publicarán en 2019 pero ya marcan sus líneas principales. Por último, los Libros Blancos de Italia¹⁷ o México¹⁸ pretenden informar a la opinión pública y a los órganos legislativos sobre cómo se puede usar la IA para servir tanto a las personas como a las empresas aumentando así la eficiencia de los servicios públicos y la satisfacción del usuario. Por ejemplo, la política de IA del Reino Unido se cubre en dos documentos: la revisión independiente de Hall y Pesenti¹⁹ acerca de la industria de IA en su país, y la más reciente “Estrategia Industrial”²⁰, que identifica a la IA como uno de los cuatro grandes desafíos para el Reino Unido. El enfoque de los Estados Unidos se distribuye de manera similar en tres informes publicados bajo la administración de Obama, incluido un documento de estrategia de investigación y desarrollo específico²¹, así como dos documentos de política más amplios que cubren los posibles impactos y consideraciones asociadas con la implementación de IA^{22 23}.

Aunque con un estilo diferente, el contenido de estas estrategias nacionales sobre IA incluye una serie de temas comunes como son el uso de la IA en el Gobierno y los servicios públicos; las competencias y la educación; la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación; las infraestructuras y el uso ético de los sistemas inteligentes y de los datos. La ética es un tema central en casi todas las estrategias del uso de la IA, que reconocen los complejos problemas sociales, económicos, legales y políticos suscitados por la implementación generalizada de la IA. Es preciso, por tanto, adoptar un fuerte compromiso con las futuras investigaciones sobre el uso ético de la IA. Aunque las estrategias nacionales varíen en su alcance, tienden a reconocer la importancia de enseñar competencias digitales desde una etapa temprana en el currículo nacional. También enfatizan la necesidad del aprendizaje a lo largo de la vida para permitir que las fuerzas de trabajo se adapten a los nuevos desarrollos de la tecnología. Asimismo, la planificación estratégica y la inversión en I+D es clave para garantizar una sociedad y una industria nacional de IA competitiva.

Además de las distintas estrategias nacionales, en la Unión Europea (UE) a raíz de la petición del Consejo Europeo de octubre de 2017, la Comisión Europea aprobó el 25 de abril de 2018 una “Comunicación al Parlamento Europeo, al Consejo Europeo, al Consejo y al Comité Económico y Social sobre IA para Europa”, documento COM(2018)237 final²⁴ lo que es su estrategia “IA para Europa” en la que presentaba a la UE como candidata a ser líder de la revolución de la IA. A partir de esta Comunicación la UE publicó a principios de diciembre la primera edición de su Plan en IA para 2019 y 2020, bajo el título “*Coordinated Plan on the development and use of Artificial Intelligence Made in Europe – 2018*”²⁵ (Plan Coordinado de la IA). Este Plan está sujeto al marco de financiación actualmente vigente, pero con la previsión de que se extienda hasta el año 2027, bajo el nuevo Marco Financiero Plurianual 2021-2027. La propuesta de la UE de inversión pública y privada alcanzaría un total de 20 mil millones de euros en el periodo 2018-2020 y un incremento progresivo de 20 mil millones anuales hasta 2027. El Plan Coordinado tiene como objetivo garantizar la complementariedad y las sinergias entre las acciones a nivel nacional y de la UE para maximizar el impacto y difundir los beneficios de la IA en toda Europa. También proporciona un marco estratégico para las estrategias nacionales de IA. Se alienta a los países de la UE a desarrollar sus estrategias nacionales de IA para mediados de 2019, basándose en el trabajo realizado a nivel europeo.

¹³ <https://www.gov.uk/government/publications/artificial-intelligence-sector-deal>

¹⁴ <https://em.dk/english/news/2018/01-30-new-strategy-to-make-denmark-the-new-digital-frontrunner>

¹⁵ <https://tem.fi/julkaisu?pubid=URN:ISBN:978-952-327-311-5>

¹⁶ https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/eckpunkt Papier KI.pdf?__blob=publicationFile&v=4

¹⁷ <https://ai-white-paper.readthedocs.io/en/latest/>

¹⁸ https://docs.wixstatic.com/ugd/7be025_e726c582191c49d2b8b6517a590151f6.pdf

¹⁹ https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/652097/Growing_the_artificial_intelligence_industry_in_the_UK.pdf

²⁰ <https://www.gov.uk/government/publications/artificial-intelligence-sector-deal/ai-sector-deal>

²¹ https://www.nitrd.gov/PUBS/national_ai_rd_strategic_plan.pdf

²² https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/whitehouse_files/microsites/ostp/NSTC/preparing_for_the_future_of_ai.pdf

²³ <https://www.whitehouse.gov/sites/whitehouse.gov/files/images/EMBARGOED%20AI%20Economy%20Report.pdf>

²⁴ [http://www.europarl.europa.eu/RegData/docs_autres_institutions/commission_europeenne/com/2018/0237/COM_COM\(2018\)0237_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/docs_autres_institutions/commission_europeenne/com/2018/0237/COM_COM(2018)0237_EN.pdf)

²⁵ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/coordinated-plan-artificial-intelligence>

Este Plan Coordinado europeo quiere también fomentar el desarrollo de una IA fiable que asegure el cumplimiento de los derechos fundamentales y la regulación aplicable, así como el respeto de los principios y valores fundamentales y las aspiraciones de los ciudadanos²⁶. Europa incrementará progresivamente su esfuerzo en áreas de interés público como la salud, el transporte, la seguridad, la educación y la energía. La Presidencia austriaca de la UE, durante el segundo semestre 2018 también incluyó la IA como una prioridad en el contexto de la transformación de la industria, con la intención de promover la IA como un campo con potencial para una reindustrialización de Europa, y establecer planes para estimular desarrollos en este respecto, en estrecha cooperación con las partes interesadas relevantes. España, junto a los Estados Miembros de la UE, Noruega y Suiza, firmó esta "Declaración de cooperación en Inteligencia Artificial (IA)"²⁷ adquiriendo el compromiso de definir una estrategia para la IA.

²⁶ En 1997 el Consejo de Europa adoptó el "Convenio de Oviedo" <https://www.boe.es/boe/dias/1999/10/20/pdfs/A36825-36830.pdf> en el que se dispuso que los derechos fundamentales son el fundamento básico para garantizar la "primacía del ser humano" en un contexto de cambio tecnológico, y es de manera similar, como se ha propuesto la "Guía de ética de AI" <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/draft-ethics-guidelines-trustworthy-ai> producida por el Grupo de expertos de alto nivel sobre IA de la Comisión Europea.

²⁷ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/eu-member-states-sign-cooperate-artificial-intelligence>

PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA ESTRATEGIA ESPAÑOLA DE I+D+I EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL: UN PRIMER PASO HACIA UNA ESTRATEGIA NACIONAL DE IA

Por medio de la firma de la mencionada “Declaración de cooperación en Inteligencia Artificial (IA)”, los Estados miembros de la UE acordaron trabajar juntos en las cuestiones más importantes planteadas por la IA, desde asegurar la competitividad de Europa en la investigación y el despliegue de la IA, hasta tratar cuestiones sociales, económicas, éticas y legales. El marco de la Estrategia para la IA en I+D+I de España nace para impulsar las actividades de promoción y de cooperación internacional de I+D+I en IA y facilitar la participación en la elaboración, diseño y seguimiento de las políticas europeas en IA y hace cumplir su compromiso con sus socios europeos.

El MCIU, en consonancia con los estudios y trabajos iniciados por la Comisión Europea, ha creado un GTIA. El GTIA inició el proceso de la elaboración de la Estrategia en noviembre de 2018, presidido por el Secretario General de Coordinación de Política Científica del MCIU. El GTIA ha estado integrado por expertos de entidades públicas y privadas de reconocido prestigio nacional e internacional en el ámbito de la IA, con el fin de elaborar un documento de trabajo como punto de partida del proceso.



Además, la coordinación del MCIU con la Secretaría de Estado para el Avance Digital del Ministerio de Economía y Empresa y el Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social ha permitido incluir a los departamentos responsables con iniciativas y acciones estratégicas de I+D+I en la Administración General del Estado (AGE).

Las fases de su elaboración han sido las siguientes:

1. Elaboración de una estructura para la redacción de la estrategia; de forma preliminar se propusieron prioridades y recomendaciones surgidas de la opinión de los expertos que conforman el GTIA, procedentes de la esfera pública

(universidades, centros de investigación e innovación, digitalización y grandes infraestructuras científico-técnicas singulares) y de la privada (representantes del sector industrial y empresarial, de plataformas tecnológicas y asociaciones).

2. Elaboración de la [Estrategia Española de I+D+I](#) en IA por el MCIU, contando previamente con las aportaciones del Consejo Asesor de Ciencia, Tecnología e Innovación como órgano de participación de la comunidad científica y tecnológica y de los agentes económicos y sociales en los asuntos relacionados con la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, establecido en la Ley 14/2011, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. Adicionalmente se consultó a la Oficina de la Alta Comisionada para la Agenda 2030.

Cabe destacar que, con respecto a la necesaria coordinación interinstitucional, la presente Estrategia de I+D+I en IA tiene una doble función:

Respecto a la EECTI: Incorporar en la medida de lo posible las Prioridades de esta Estrategia con el objeto de facilitar los trabajos de I+D+I en el ámbito de la IA. Esto permitirá incorporar un Eje Estratégico de IA en la futura [EECTI 2021-2027](#). La [EECTI 2021-2027](#) como instrumento marco reflejará los objetivos e indicadores ligados a la I+D+I que deberán ser alcanzados y que estarán ligados al fomento y desarrollo de las acciones adaptadas a las actividades de IA en España.

Respecto al Plan Coordinado de IA: El MCIU es plenamente consciente de la petición de la Comisión Europea de elaborar un marco estratégico de compromiso en IA y con la creación del "Grupo Interministerial de IA" lanzado por la Comisión Delegada de Ciencia, Tecnología e Innovación del 28 de diciembre de 2018, durante el primer semestre de 2019 se trabajará de forma activa en la elaboración de una [Estrategia Nacional de IA](#). Esta Estrategia Nacional, a partir de las distintas estrategias sectoriales, deberá facilitar un espacio de codesarrollo en áreas comunes, una hoja de ruta propia y un compromiso de inversión, de infraestructuras, de aprendizaje y formación que permita crear un ecosistema nacional y europeo entorno a la IA. La [Estrategia Nacional de IA](#) deberá tener en cuenta aquellas estrategias autonómicas como las Estrategias de Especialización Inteligente que deberán ser desarrolladas a través de los órganos de coordinación general de la AGE. En el caso de la I+D+I, esta comunicación deberá ser realizada mediante el Consejo de Política Científica, Tecnológica y de Innovación. A nivel presupuestario esta convergencia sectorial hacia una [Estrategia Nacional de IA](#) es quizás aún más importante dado que la eficacia en el uso de los recursos económicos será esencial a la hora de cumplir con los objetivos de cofinanciación que la UE presenta en sus diferentes programas (Digital Europe, los Programas Marco de I+D+I de la UA 2013-2020 y 2021-2028, Horizonte 2020 y Horizonte Europa respectivamente, Fondo Social Europeo o Fondo Europeo de Desarrollo Regional entre otros) y para los que será esencial la búsqueda de sinergias y una mayor flexibilidad de los fondos e instrumentos financieros.

Tradicionalmente, las denominadas tecnologías facilitadoras esenciales (*KETS* por sus siglas en inglés) incluían la microelectrónica y la nanoelectrónica, la fotónica, la nanotecnología, la biotecnología, los materiales avanzados y los sistemas de fabricación avanzados. En un informe publicado por la Comisión Europea en abril de 2018 y titulado “Búsqueda de la industria: definición de innovación”²⁸ se propusieron dos nuevas tecnologías habilitadoras clave para la priorización a nivel de la UE: la IA y la seguridad y conectividad. Su informe indica que, con el nivel adecuado de ambición para obtener más habilidades, financiación suficiente, un mercado único y diálogo social, estas nuevas *KETs* contribuirán a apoyar el crecimiento, el empleo y la democracia. Estas tecnologías de IA suponen ya un punto de inflexión en el desarrollo de aplicaciones dirigidas a sectores estratégicos y planteamientos innovadores. Nuestro país dispone de un sistema de I+D+I sólido que está permitiendo la creación de un ecosistema de base científica y tecnológica para la IA y que aún cuenta con un amplio margen de crecimiento. El impulso de este ecosistema servirá para fomentar y posicionar a España como un país generador de ciencia y tecnología de IA.

El marco de actuación del “Plan de Acción para la Implementación de la Agenda 2030 en España”²⁹ refleja el carácter de política palanca de la I+D+I y por ello esta Estrategia está concebida bajo la visión de contribuir a la consecución de los ODS de la Agenda 2030. La I+D+I como política palanca a cargo del MCIU³⁰ debe incluir a la IA como una tecnología facilitadora y transversal (una “tecnología palanca”). España, a través de su sistema de I+D+I, está preparada para contribuir en la aplicación de la IA en áreas estratégicas alineadas con los ODS como son: la salud; la administración pública; la educación; las ciudades y territorios inteligentes y sostenibles; los recursos naturales, la energía y el medio ambiente; la industria conectada 4.0; el turismo e industrias creativas y culturales y basadas en la experiencia; y la seguridad.

Posición española en el desarrollo y uso de tecnologías de la IA

La situación de España junto a la de otros países de nuestro entorno ha sido analizada a través de distintos estudios. En un reciente informe de la OCDE³¹ se indica que la inversión de capital privado en *startups* centradas en IA en España durante el periodo que transcurre entre 2011 y mediados de 2018 es el 3% de la cantidad total invertida en empresas de nueva creación con sede en la UE, muy por detrás de Francia (13%), Alemania (14%) o Reino Unido (55%). Según el estudio realizado por la consultora Roland Berger “*Joining the dots- A map of Europe’s AI Ecosystem*”³², los cuatro países más importantes en IA en Europa son Reino Unido, Francia, Alemania y España, que contribuyen con el 60% de *startups*, laboratorios y comunidades³³ de entre los 30 países analizados (UE, más Suiza y Noruega). Aunque los tres primeros países se alternan en cuanto a las distintas medidas utilizadas (por ejemplo, el Reino Unido destaca claramente en el número de *startups* y Francia en el número de laboratorios), España ocupa el cuarto puesto, seguida muy de cerca por países clasificados en el grupo de los emergentes como los llamados países “seguidores” (*followers*). Estos datos ponen de manifiesto que hay un amplio margen de mejora con un mejor sistema de cooperación entre agentes y que la inversión tecnológica realizada hasta ahora en España es insuficiente y que, en definitiva, sin solucionar estos dos aspectos no habrá un ambiente favorecedor de las tecnologías de IA en nuestro país. Sin embargo, la situación de la UE no es tampoco muy

²⁸ <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/28e1c485-476a-11e8-be1d-01aa75ed71a1>

²⁹ <http://www.exteriores.gob.es/Portal/es/SalaDePrensa/Multimedia/Publicaciones/Documents/PLAN%20DE%20ACCION%20PARA%20LA%20IMPLEMENTACION%20E%20LA%20AGENDA%202030.pdf>

³⁰ Esta contribución universal de la I+D+I a la consecución de los ODS será contemplada de forma específica en la próxima EECTI 2021-2028. España, en la misma línea y para el próximo programa marco de la UE de I+D+I 2021-2027, defiende la inclusión de los ODS como condiciones marco en las prioridades y objetivos en el propio programa y en el desarrollo e implementación de las políticas de la UE. Los ODS deben ser clave en el direccionamiento de los programas de financiación y en la investigación orientada en las misiones y en la innovación propia de las actividades de la I+D.

³¹ <http://www.oecd.org/going-digital/ai/private-equity-investment-in-artificial-intelligence.pdf>

³² <https://www.rolandberger.com/fr/Publications/Joining-the-dots-A-map-of-Europe's-AI-ecosystem.html>

³³ Desde grupos informales hasta escuelas de verano, congresos y asociaciones público-privadas.

alentadora cuando observamos que estas inversiones de la UE responden al 8% de la inversión global en 2017 (China y EEUU suponen casi un 85% de inversión). A pesar de ello, en el informe de la Comisión Europea *The European AI Landscape*³⁴ se dan evidencias del protagonismo de Europa por estar “a la vanguardia en IA y robótica, como lo demuestra la excelente posición científica de los investigadores europeos, incluidos varios expertos mundiales en IA procedentes de Europa”.

Esta coyuntura europea caracterizada por una insuficiente inversión pública y privada en un contexto de carrera global por desarrollar e incorporar tecnologías de IA en las distintas áreas de impacto socioeconómico, reclama que España tenga un papel que debe ser de liderazgo como se espera de nuestras capacidades, con grupos de investigación en IA de excelente nivel internacional, y donde la mayoría de las universidades ofrecen ya programas de ingenierías relevantes. La formación universitaria en IA cuenta con algunos de los programas de postgrado, Máster y doctorado más antiguos y consolidados de Europa con más de 3 décadas de historia. De acuerdo al RD 1393/2007³⁵ y el RD 99/2011³⁶, que regulan las enseñanzas oficiales universitarias y de doctorado, existen 11 Másteres vigentes y 2 Programas de doctorado, si bien existen otros programas oficiales que incluyen el estudio de la IA en su currículo.

La investigación española en IA

Hay que subrayar el papel precursor de España en la IA. Entre finales del siglo XIX y el siglo XX, Leonardo Torres Quevedo incluyó entre sus numerosas áreas de trabajo la Cibernética, un área precursora de la IA. Torres Quevedo realizó la primera demostración de la automatización del ajedrez en 1912 con su autómatas ajedrecista electromecánico capaz de realizar mates consistentemente jugando con las piezas blancas finales de partida de Rey y Torre contra Rey. A lo largo de la historia de la IA, automatizar el Ajedrez ha constituido uno de sus grandes objetivos. Claude Shannon, Marvin Minsky y otros fundadores de la IA dedicaron esfuerzos para intentar automatizar el ajedrez a finales de los años 50 y fue en 1997 cuando el programa Deep Blue de IBM batió a Kasparov.

Actualmente, la comunidad académica y científica española dedicada a las tecnologías de IA se caracteriza por su reconocimiento internacional en la mayoría de sus áreas, como son: aprendizaje automático, optimización heurística, planificación, deducción automática, ontologías, lógica y razonamiento, *big data*, procesamiento del lenguaje natural, visión artificial, robótica, sistemas multiagente, sistemas de recomendación, cooperación hombre-máquina, modelado basado en agentes inteligentes, así como por el desarrollo de aplicaciones innovadoras en gran número de sectores estratégicos como la salud, la agricultura, industrias culturales y basadas en la experiencia, servicios y sostenibilidad energética y del medio ambiente.

El Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación (SECTI) dedicado a la IA engloba no solamente a las instituciones académicas y científicas de titularidad pública y privada sino que también se completa por las asociaciones y organizaciones de soporte a la I+D+I, las empresas y la sociedad. La red de agentes de soporte y apoyo cuyo objeto es la promoción de la IA en España son entidades, principalmente asociaciones³⁷, que desempeñan un papel activo en el sistema, promoviendo actividades de formación, difusión tanto a nivel regional, nacional o internacional en distintas tecnologías de la IA. En el sector privado la actividad en IA³⁸ está creciendo de forma acelerada tanto a través de *startups* como en grandes empresas y multinacionales con iniciativas enfocadas a la creación de centros de I+D en tecnologías de la IA.

³⁴ https://ec.europa.eu/knowledge4policy/publication/european-ai-landscape_en

³⁵ <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-18770>

³⁶ <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2011-2541>

³⁷ Hay 5 asociaciones científicas en España relacionadas con la IA, la Asociación Española para la IA (AEPIA), la Sociedad Española para la Investigación y el Desarrollo en Robótica (SEIDROB), la Sociedad Española para el Procesamiento del Lenguaje Natural (SEPLN), la Asociación Española de Reconocimiento de Formas y Análisis de Imágenes (AERFAI) y la Associació Catalana d'Intel·ligència Artificial (ACIA).

³⁸ http://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=50821

Indicadores de la IA

En la actualidad se están estableciendo indicadores específicos que intentan salvar las dificultades metodológicas para la medición del uso de las tecnologías de la IA. Entre estos esfuerzos destacan iniciativas privadas que tratan de hacer visible cómo los gobiernos nacionales presentes en la OCDE están estratégicamente posicionados en su capacidad para aprovechar los beneficios de la automatización en sus operaciones creando el *Government AI readiness index*³⁹ (o Índice de preparación de IA del gobierno) creado para entender la capacidad para absorber y explotar el potencial innovador de la IA en los servicios de AAPP. El índice incorpora las habilidades digitales del país, innovación gubernamental y capacidades de datos existentes. Este índice⁴⁰ sitúa a España en la duodécima posición de los países OCDE (por delante de Suecia y por detrás de Alemania) e identifica áreas de mejora centradas principalmente en infraestructuras de telecomunicación, desarrollo de la innovación o habilidades digitales ligado tanto al sector público como privado.

Otro estudio de la Comisión Europea incide en similares razones, el crecimiento de ambos queda condicionado no solo por la inversión en I+D+I sino también por la brecha digital en Europa⁴¹ identificada como una de las razones por las que España⁴² queda atrás respecto a países europeos o EEUU y China. Esto es debido a un evidente espacio de mejora en los esfuerzos para desarrollar la tecnología y herramientas digitales que son la condición previa más importante para la propagación de la IA. En el estudio realizado en 2019 por el McKinsey Global Institute titulado "Abordaje de la brecha en Europa Digital y de IA"⁴³ las empresas identifican como factor de mayor influencia para la adopción de la IA el desarrollo de estrategias complementarias y capacidades de los trabajadores a medida que avanza la tecnología IA. De hecho, se considera esencial disponer de la fuerza de trabajo con la formación adecuada y poder cubrir la necesidad de disponer las capacidades respecto a aplicaciones y servicios de IA. En dicho estudio recopilan un conjunto de indicadores por país (ponderados a su importancia relativa para impulsar el crecimiento económico de cada país) para evaluar cómo se ubican en los habilitadores claves y los agregan en un Índice de Preparación de IA⁴⁴. En este estudio, nuestro país queda en un undécimo lugar de la UE. España se encuentra por debajo de la media en Europa en este índice así como en la cantidad de *startups* de IA per cápita, la creación de modelos de negocio de TIC, el gasto en I+D+I y la conectividad de TIC; solo en automatización y madurez digital se encuentra en la media europea. España está en el último cuartil en cuanto a habilidades de IA, por lo tanto, en una situación grave en cuanto al potencial de las actividades laborales y la disponibilidad de científicos e ingenieros en esta área.

Es imprescindible para mejorar las oportunidades de las empresas españolas, reclutar, retener y formar (y desde las propias empresas participar en esta formación) el talento adecuado con las habilidades necesarias para las tecnologías de la IA. Un estudio reciente sobre los cambios de habilidades laborales prevé un aumento significativo en la demanda de habilidades sociales, cognitivas y digitales, y espera que el talento centrado en la tecnología tendrá un aumento relativo estimado del 41% en Alemania y el 66% en España (una subida del 20% en habilidades emocionales o sociales y un descenso del 20% en habilidades manuales o físicas) para el 2030⁴⁵.

³⁹ <https://www.oxfordinsights.com/government-ai-readiness-index/>

⁴⁰ Este índice tiene en cuenta los siguientes factores: Reforma del servicio público (Innovación, Servicios públicos digitales Efectividad del gobierno); Economía y habilidades (Digitalización, Habilidades tecnológicas, Startups de IA) e Infraestructura digital (Calidad, disponibilidad y capacidad de datos)

⁴¹ El sector de las TIC (2017) en Europa cuenta hoy con alrededor del 1.7% del PIB, menor que el 2.2% de China y la mitad del PIB del 3.3% de EE.UU. Fuente DG Research and Innovation, Comisión Europea.

⁴² España dedica un 1.3% de su PIB dedicado a TIC en 2017. La parte digital del valor agregado de las TIC se calcula tomando la parte de los ingresos obtenidos a través de canales digitales y tomando la parte del costo de todas las funciones realizado digitalmente. Fuente DG Research and Innovation, Comisión Europea.

⁴³ <https://www.mckinsey.com/-/media/McKinsey/Featured%20Insights/Artificial%20Intelligence/Tackling%20Europes%20gap%20in%20digital%20and%20AI/MGI-Tackling-Europes-gap-in-digital-and-AI-Feb-2019-vF.ashx>

⁴⁴ El índice mide la posición de los países en un rango de habilitadores de AI, incluida la cantidad de startups de AI per cápita, la automatización, el potencial de las actividades laborales, la madurez digital, la disponibilidad de científicos e ingenieros, la creación de modelos de negocio de TIC, el gasto en I + D y la conectividad de TIC tomando como fuentes Eurostat; INSEAD; DG Research and Innovation, Comisión Europea; el informe PISA; UNESCO; McKinsey Global Institute AI Diffusion Model; McKinsey Global Institute analysis.

⁴⁵ Skill shift: Automation and the future of the workforce, McKinsey Global Institute, May 2018.

MECANISMOS DE ARTICULACIÓN E INSTRUMENTOS PARA LA FINANCIACIÓN

La EECTI 2013-2020 y sus Planes Estatales han permitido una simplificación de la gestión de la I+D+I estatal, creando un espacio de I+D+I compartido a nivel nacional y abierto a Europa, contribuyendo de forma activa al desarrollo e implementación del Espacio Europeo de Investigación. Los objetivos comunes marcados a nivel estratégico han permitido a los agentes de nuestro SECTI competir en un entorno globalizado y dinámico. Además, la corresponsabilidad de las Administraciones está respondiendo a una realidad funcional que sin duda nos lleva a un marco estable de colaboración política y administrativa compartida. Esta nueva situación supone un entorno idóneo para facilitar la articulación y la incorporación en el nuevo marco estratégico post 2020 de nuevas líneas estratégicas de I+D+I que a nivel global tienen ya un impacto real sobre las políticas e intervenciones públicas en materia de I+D+I.

El Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2017-2020 del MCIU se compone de cuatro Programas Estatales⁴⁶: (1) Talento y su Empleabilidad en I+D+I; (2) Generación de Conocimiento y Fortalecimiento Científico y Tecnológico del Sistema de I+D+I; (3) Liderazgo Empresarial en I+D+I y (4) I+D+I Orientada a los Retos de la Sociedad. A través de estos Programas ya se han financiado actividades dirigidas a las áreas estratégicas identificadas en esta Estrategia de I+D+I en IA. Estos programas se completan con varias acciones estratégicas entre las que la Acción en Salud, la Acción en Economía y Sociedad Digital y la Acción Estratégica Industria Conectada 4.0 (incluida como novedad del Plan Estatal 2017-2020), marcan la importancia estratégica de la IA. Estas herramientas, que se encuentran sujetas al marco presupuestario estatal, permiten de manera inmediata el desarrollo de la presente Estrategia, a través de los mencionados programas y subprogramas de los Planes Estatales y en coordinación con las distintas acciones de I+D+I de las diferentes Comunidades Autónomas (CCAA).

Para la gestión de estos Programas, la AGE dispone de varios agentes de financiación para el ejercicio de sus políticas de fomento de la I+D+I. Del MCIU son la Agencia Estatal de Investigación (AEI), y el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI). La AEI se encarga de la gestión y financiación de fondos públicos destinados a actividades de I+D+I de acuerdo a méritos científicos, mientras que el CDTI está orientado esencialmente al fomento de la innovación de base tecnológica asignando sus recursos de acuerdo al mérito técnico y de mercado y el impacto socioeconómico. Como financiadores de carácter sectorial se encuentran: el Instituto de Salud Carlos III, organismo gestor de las actividades de la Acción Estratégica en Salud; la Secretaría de Estado de Avance Digital (SEAD) del Ministerio de Economía y Empresa (MINECO) financia proyectos y acciones dentro de las Tecnologías Habilitadoras Digitales a través del Plan de Tecnologías de Lenguaje Natural 2015-2020 y la Acción Estratégica en Economía y Sociedad Digital; y corresponde al Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (MINCOTUR) la Acción Estratégica Industria 4.0. Todos estos organismos son fundamentales para mejorar la implementación de la presente Estrategia y para ejercer labores de coordinación con sus homólogos europeos, aspecto esencial en el desarrollo de las acciones y actividades relacionadas con la IA.

Las aportaciones realizadas desde los organismos estatales de financiación de la I+D+I, CDTI, AEI, ISCIII, MINECO y MINCOTUR, a las actividades que contribuyen a la IA han supuesto 457 acciones por un valor de casi 114 millones de euros de financiación (subvenciones y créditos)⁴⁷. Estas acciones han sido concedidas a través de las herramientas que ofrecen los cuatro Programas Estatales desarrollados en los Planes Estatales y sus Acciones Estratégicas incluidos en la EECTI 2013-2020 y el Plan de Tecnologías de Lenguaje Natural (convocatorias 2016-2018). En el mismo periodo para el

⁴⁶ Es imprescindible subrayar el carácter estratégico de los Planes Estatales de I+D+I al que se refiere el artículo 8.1 de la Ley 38/2003, de 17 de noviembre, General de Subvenciones. La asignación de fondos públicos a través de los planes estatales se otorgará de acuerdo a los principios de publicidad, transparencia, concurrencia, objetividad, eficacia y no discriminación, teniendo como objeto corregir los desafíos y fallos identificados en dichos planes por la Administración otorgante y mediante la eficiencia en la asignación y utilización de los recursos públicos previstos en dicha Ley.

⁴⁷ Datos de financiación obtenida a través de AEI, CDTI, ISCIII, MINECO, MINCOTUR utilizando palabras clave dentro de las tecnologías de IA.

Programa Marco de I+D+I H2020 hubo participación española en 116 acciones relacionadas con la IA que obtuvieron una financiación de 79.30M€.

ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE ACCIONES, FINANCIACIÓN Y COSTE TOTAL LIGADAS A LAS TECNOLOGÍAS DE LA IA EN LOS DISTINTOS PLANES NACIONALES Y EL PROGRAMA MARCO DE I+D+I H2020				
		N acciones	Financiación M€	Total M€
EECTI 2013-2020 PECTI 2013-2016 y 2017-2020	Programa Estatal de Liderazgo Empresarial en I+D+I	107	37,69	53,55
	Programa Estatal de Generación de Conocimiento y Fortalecimiento Científico y Tecnológico del Sistema de I+D+I*	73	16,09	16,09
	Programa Estatal de I+D+I Orientada a los Retos de la Sociedad**	67	21,04	21,04
	Programa Estatal de Talento y su Empleabilidad en I+D+I	51	5,37	5,37
	Acción Estratégica de Salud (MSCBS)	16	1,54	1,54
	Acción Estratégica Industria Conectada 4.0 (MINCOTUR)	69	24,17	31,56
	Acción Estratégica AEESD (MINECO)	42	4,22	4,22
Plan de Impulso de las Tecnologías del Lenguaje 2015-2020	MINETAD (convocatorias 2016-2018)	32	3,51	3,51
Horizonte 2020	ICT H2020	116	79,30	83,30
		573	192,93	220,18

Datos de financiación concedida facilitados por AEI, CDTI (compromiso de aportación), ISCIII, MINECO, MINCOTUR utilizando palabras clave de las tecnologías de IA.
 *Se ha considerado que los centros y unidades Severo Ochoa y María de Maeztu destinan un 15% de las aportaciones a actividades de I+D+I ligadas a las tecnologías de IA.
 **Incluye contribución española a ECSEL JU.

La coordinación de estos agentes financiadores y sus instrumentos permitirá mejorar los instrumentos de financiación y mecanismos de articulación de las actividades de I+D+I a través de las siguientes iniciativas:

- En el marco de las competencias del MCIU, la asunción de medidas, reformas y diseño de instrumentos que eleven los niveles de inversión y participación del sector privado nacional y faciliten el desarrollo de un ecosistema de tecnologías de IA. También se dirigirán a promover la atracción de inversiones procedentes del exterior y las realizadas por empresas extranjeras.
- Las herramientas (incluyendo Programas, Subprogramas y convocatorias) deben favorecer la generación de nuevos conocimientos y tecnologías de carácter disruptivo, y nuevos usos de tecnologías ya existentes (de carácter incremental). Deberán contribuir a incrementar su productividad y competitividad en sectores estratégicos en los que la IA estará implementada en mayor o menor medida.
- El acceso abierto a datos y microdatos, así como a las publicaciones, el código (*software*), y resultados de la investigación financiada con fondos públicos, incorporando la elaboración de directrices que proporcionen repositorios propios o compartidos facilitando de esa manera el uso público de IA y de los datos generados en los distintos ámbitos de aplicación.
- La corresponsabilidad de todas las Administraciones Públicas en la consecución de los objetivos y el compromiso con los ejes prioritarios establecidos, incluyendo la puesta en marcha de instrumentos que posibiliten la financiación de la I+D+I que facilite el uso y desarrollo de tecnología de IA en varios ámbitos. Esta visión deberá ser complementada con un análisis legislativo que prevea la inclusión/aceptación de aquellos progresos y

desarrollos de innovaciones en la IA y un análisis de impacto de la IA sobre el mercado laboral, la educación y la formación.

- La corresponsabilidad de todas las Administraciones Públicas en establecer mecanismos de mejora en: la coordinación de los agentes de financiación; el acceso a la financiación; y en el incremento de la eficacia de los instrumentos vigentes actualmente.

CARACTERÍSTICAS DE LOS MECANISMOS DE ARTICULACIÓN E INSTRUMENTOS DE FINANCIACIÓN

Instrumentos que eleven la inversión del sector privado nacional e internacional.

Instrumentos que deben favorecer a las tecnologías de IA de carácter disruptivo e incremental.

Mantener los datos, resultados, publicaciones y códigos de acceso abierto.

Corresponsabilidad de las AAPP en el desarrollo de las prioridades establecidas en la Estrategia.

Mecanismos que permitan la implementación y uso de las tecnologías de IA en los distintos sectores prioritarios.

Mecanismos que mejoren los instrumentos actuales y el acceso a la financiación.



Nombre: Computación de altas prestaciones

Acrónimo: TIRAMISU

Fecha: 2013-2016

Referencia: PECTI SEV-2015-0493, TIN2015-65316-P: G.Cat
2014-SGR-1051; IBM / BSC Deep Learning Center W156463

Autor: UPC, BSC-CNS

PRIORIDADES DE LA ESTRATEGIA ESPAÑOLA DE I+D+I EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL



Las siguientes Prioridades plantean aspectos del SECTI que deben desarrollarse para crear el ecosistema adecuado para el desarrollo y la aplicación de las tecnologías de la IA. Estas Prioridades serán desarrolladas en **iniciativas y actividades definidas y financiadas** a través de los PECTI y aquellos Planes Estatales específicos de los distintos departamentos ministeriales que conforman este sistema y dirigidas específicamente a actividades de I+D+I. El **conjunto de indicadores** que permitirán medir el grado de ejecución de estas actividades e iniciativas ligadas a la IA y el seguimiento de los resultados serán aquellos establecidos en la EECTI y en la Estrategia Nacional de IA.



PRIORIDAD 1. HACIA UNA ESTRUCTURA ORGANIZATIVA QUE PERMITA DESARROLLAR UN SISTEMA DE I+D+I EN IA Y VALORAR SU IMPACTO

PRIORIDAD 1
Mantener como buena práctica y reforzar el alineamiento estratégico de las políticas de I+D+I de España con la UE y su Programa Marco de I+D+I garantizando la competitividad global de España.
Lanzar un mapa de capacidades en IA.
Apoyar el lanzamiento de una Red de nodos con el fin de alcanzar una "Red de centros de excelencia en IA".
Promover la interacción de dichas redes con los DIH.
Destacar el papel del Comité Español de Ética en la investigación en el uso e implementación de la IA
Establecer una serie de indicadores que permita analizar la evolución de los mecanismos de promoción en I+D+I en IA.

El marco de la EECTI 2013-2020 y sus Planes Estatales han permitido potenciar el conjunto de las capacidades del SECTI y facilitar la colaboración e interacción entre todos los agentes del Sistema así como su internacionalización, lo que ha contribuido al avance social y económico nacional y europeo.

Una de las razones que sin duda han contribuido a este avance, ha sido el esfuerzo realizado por toda la Administración pública para alinear las políticas españolas con los objetivos perseguidos por la UE en materia de I+D+I. Este esfuerzo ha incrementado la participación activa de los agentes públicos y privados del SECTI en los programas europeos y como consecuencia ha contribuido a la consolidación del Espacio Europeo de investigación, los objetivos de la estrategia «Europa 2020», la «Unión para la Innovación», el «Espacio Europeo de Investigación» y el Programa Marco Horizonte 2020. Los trabajos encaminados al desarrollo de la [EECTI 2021-2027](#) y su futuro marco de implementación, los Planes Estatales de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECTI), ya prevén una nueva situación global marcada a través de la Agenda 2030. Se prevé su inclusión en el próximo ciclo de la EECTI garantizando un desarrollo confiable, seguro e inclusivo de las tecnologías de la IA y un acceso equitativo a sus beneficios. La cercanía de un [nuevo marco financiero plurianual 2021-2027, del futuro Programa Marco de I+D+I en la UE Horizonte Europa](#) y del futuro Programa “*Digital Europe*”, refuerzan la necesidad de continuar con lo considerado una buena práctica, es decir, el alineamiento estratégico de las políticas de I+D+I de España con la UE y su Programa Marco.

En el nuevo periodo 2021-2027 debe abrirse un espacio significativo a nuevas tecnologías, servicios y ecosistemas multidisciplinares tales como la IA, que sin duda facilitarán un mayor avance social y económico pero que también, en un contexto de fragilidad social y económica en Europa, deberá prestar especial atención a la integración social mediante la educación, la ética y la legislación.

A nivel internacional, España deberá fomentar y participar a través de sus agentes de I+D+I en las propuestas y programas europeos e internacionales derivados del Plan Coordinado sobre la IA que permitan [garantizar la competitividad global](#) de la UE en este sector como son, entre otras, el intercambio de buenas prácticas, el posicionamiento respecto a nuevas asociaciones público-privadas o la elaboración de un programa estratégico común de investigación, datos, ética o educación sobre la IA a escala europea. Una parte importante en el fomento de las actividades de I+D+I de la comunidad científica española en la UE es la labor realizada por la red de agentes nacionales en los Programas Horizonte 2020 y Horizonte Europa, para la participación de entidades españolas en iniciativas conjuntas relacionadas con IA (ECSEL⁴⁸, JU EuroHPC⁴⁹, QuantERA⁵⁰ y Flagship de Tecnologías Cuánticas⁵¹, entre otras).

Con el fin de aprovechar al máximo estas oportunidades de cooperación europea y para lograr una eficaz coordinación organizativa nacional e internacional y de ámbito público y privado, se recomienda elaborar un [Mapa de capacidades actuales de la IA en España](#) y el lanzamiento de una “[Red de Nodos de Investigación en IA](#)”. Esta acción fomentará la consolidación de los agentes, creando y manteniendo en el tiempo una comunidad científico-tecnológica activa y competitiva en el ámbito de tecnologías IA. Adicionalmente, un uso eficiente de los instrumentos existentes y la creación de otros nuevos, con el fin de aunar esfuerzos y de generar sinergias, impulsarán las actividades de I+D+I en IA. El fin último será la creación de una “[Red de Centros de Excelencia en IA](#)” a partir de esta Red de Nodos, que ejecutará buena parte de las acciones de I+D+I derivadas de esta estrategia y que formará parte de la red europea. Estos centros de excelencia en gran parte estarían formados por los principales centros de I+D+I en IA nacionales así como los Centros de Excelencia Severo Ochoa y Unidades de Excelencia María de Maeztu con una dedicación significativa a la investigación en IA y que son financiados bajo el actual Subprograma de Fortalecimiento Institucional del Plan Estatal de Investigación Científica Técnica y de Innovación.

Además, los [Nodos y Centros](#) de esta Red deberán ser capaces de atraer y retener talento tanto nacional como internacional y, en particular, recuperar parte del talento que ha salido de España durante los últimos años; desarrollar actividades en red en ámbitos contenidos en esta Estrategia como es la formación específica. Es importante, que su

⁴⁸ <https://www.ecsel.eu/>

⁴⁹ <http://eurohpc.eu/>

⁵⁰ <https://www.quantera.eu/>

⁵¹ <https://qt.eu/>

estructura permita ir más allá del ámbito científico promoviendo una visión propia que tenga un impacto real sobre políticas públicas.

Una parte esencial de esta estructura organizativa es el desarrollo de los agentes e instrumentos que permitan la **transferencia de conocimiento de la academia a la empresa** que, tradicionalmente se ha entendido en el contexto de proyectos de colaboración público-privada financiado por un tercero (UE, MCIU, CCAA); cátedras Universidad-Empresa y proyectos encargados por las empresas a la Universidad o a los Organismos Públicos de Investigación. La creación de centros o unidades asociadas, formadas por departamentos de I+D de empresas y estructuras de investigación de organismos de investigación, y las empresas basadas en el conocimiento y la tecnología (EBTs) han sido también una vía importante para la transferencia. Estas estructuras de colaboración deben ser adaptadas y apoyadas para la mejora en la aplicación de las tecnologías desarrolladas a través de la IA.

Los Centros de Innovación Digital (en inglés *Digital Innovation Hubs DIH*)⁵² son un instrumento, creado y fomentado a nivel europeo, para permitir la transferencia de conocimiento entre centros científicos y empresas con mayor agilidad en una región determinada. Los *DIH* son un ejemplo actual de cooperación entre los diferentes agentes de la I+D+I de una región para fortalecer el ecosistema de innovación, ayudando a las empresas a ser más competitivas utilizando las tecnologías digitales a través de una ventanilla única. En línea con la convocatoria en la UE que selecciona *DIHs* en las temáticas de Inteligencia Artificial⁵³, a nivel estatal debería promoverse el establecimiento de un ecosistema que sea accesible y cuente con el compromiso de las PYMES y, que permita esquemas de cooperación regional y nacional entre las distintas infraestructuras digitales y físicas. Dentro del marco de cooperación ministerial de esta Estrategia, corresponderá al Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (MINCOTUR) a través de la Estrategia de Industria Conectada el desarrollo de la digitalización de la Industria así como la definición del modelo de los *DIH* en España. Los *DIH* permiten el fomento del uso compartido de instalaciones y laboratorios de testeo y el intercambio de conocimientos teóricos y prácticos.

De forma complementaria, las redes de Nodos y Centros de Excelencia deben estar alineadas con los *DIH* regionales fomentando así la **cooperación entre los distintos agentes** en esta nueva estructura organizativa e impulsando un nuevo ecosistema de I+D+I en IA y cuya sinergia acentuaría el uso de sus recursos y su esfuerzo en actividades de innovación.

En esta nueva estructura organizativa debe reconocerse el papel de la ética en el diseño y uso de la IA en el sector de la I+D+I que corresponde al **Comité Español de Ética de la Investigación (CEEI)** y que se desarrolla en la Prioridad 6. Debe corresponder al CEEI (artículo 10 de la Ley 14/2011, de 1 de junio, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación) que liderará las actividades e informes, propuestas y recomendaciones sobre el alcance de la IA en España. Los agentes encargados de estas acciones deberán tener un papel activo en iniciativas enfocadas a la ética y observatorios de la ética para la IA internacionales y europeos⁵⁴.

Para la valoración del impacto de las medidas específicas que se implementen por los PECTI a través de la estructura organizativa planteada, se deberán tener en cuenta los **indicadores** disponibles en el Sistema de Información sobre Ciencia, Tecnología e Innovación⁵⁵, como principal instrumento de captación de datos y análisis para la elaboración y seguimiento de la EECTI. Adicionalmente, se tendrán en cuenta los facilitados por el Instituto Nacional de Estadística⁵⁶ y los trabajos realizados en la UE⁵⁷ para verificar el estado del cumplimiento de las metas de los ODS y, por tanto, como garantía del éxito de la Agenda 2030 en España en general y del impacto de la I+D+I como política palanca en particular. Teniendo en cuenta el valor estratégico de la IA en el SECTI, como determinó la Comisión Delegada para Política Científica, Tecnológica y de Innovación en diciembre de 2018, convendría que los indicadores seleccionados en el

⁵² <http://s3platform.jrc.ec.europa.eu/digital-innovation-hubs-catalogue>

⁵³ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/call-digital-innovation-hubs-artificial-intelligence>

⁵⁴ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/artificial-intelligence-ai4eu-project-launches-1-january-2019>

⁵⁵ <http://www.ciencia.gob.es/portal/site/MICINN/menuitem.8ce192e94ba842bea3bc811001432ea0/?vgnextoid=8e5db1c445673410VqNVCMI000001d04140aRCRD>

⁵⁶ <https://www.ine.es/dynt3/ODS/es/index.htm>

⁵⁷ https://ec.europa.eu/knowledge4policy/ai-watch/topic/ai-landscape-indicators_en

desarrollo de los futuros PECTI discriminasen aquella financiación e inversión dirigida a actividades de IA así como su impacto, no sólo en cuanto a generación de datos o en publicaciones sino también en la transferencia del conocimiento y su impacto en la economía.

PRIORIDAD 2. ESTABLECER ÁREAS ESTRATÉGICAS DONDE DESARROLLAR LAS ACTIVIDADES DE I+D+I EN IA

PRIORIDAD 2
Tecnologías de la IA clave para el desarrollo de los sectores prioritarios de la economía y sociedad españolas.
Las humanidades y ciencias sociales contienen un carácter transversal y es incorporado en todos los sectores
La aplicación de las tecnologías de la IA varía en función del área estratégica y el grado de madurez y desarrollo en la incorporación en cada sector.



El compromiso de la I+D+I como política aceleradora del progreso en el establecimiento de sinergias socioeconómicas, y el papel que debe tener la IA como tecnología facilitadora transversal, refleja el espíritu con el que nació la Ley 14/2011, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. Es ahí donde ésta política exige la generación de conocimiento en todos los ámbitos, su difusión y su aplicación para la obtención de un beneficio social o económico y con un efecto multiplicador en su impulso hacia un desarrollo sostenible en políticas sectoriales y transversales a nivel global.

Es por esto, por lo que la EECTI y los Planes Estatales de Investigación, Desarrollo y de Innovación muestran un carácter transversal que requiere una estrecha coordinación en los distintos ámbitos de la Administración Pública. Este carácter transversal facilita la actividad en sectores estratégicos de la sociedad española del siglo XXI y requiere el codesarrollo de programas complementarios dentro de un entorno innovador que dé respuesta a los grandes retos de la sociedad, a las misiones que serán planteadas en el Programa Horizonte Europa, que faciliten la adquisición de nuevas capacidades y la incorporación de talento, que refuercen el liderazgo y la colaboración internacional de nuestro país en I+D+I, y que promuevan la participación de la sociedad civil y sus organizaciones en el proceso de innovación.

La naturaleza horizontal del marco estratégico de la I+D+I en IA encaja perfectamente con la necesidad de establecer los sectores de nuestra sociedad que precisan de avances basados en las tecnologías de la IA y donde la comunidad científica y académica española tiene una relevancia internacional notable.

Además, la IA hecha en Europa debe garantizar que los valores humanos y los derechos fundamentales sean centrales, asegurando que la meta de la tecnología consista en aumentar el nivel de bienestar de los ciudadanos. Por ese motivo, la investigación en **Ciencias Sociales e Inteligencia Artificial**, así como en humanidades digitales, debe ser considerada como un vector de carácter transversal en todas las áreas estratégicas incluidas en esta Prioridad. Serán necesarias áreas como la ética, la psicología, la filosofía, la lingüística, el derecho, en particular los aspectos legales y regulatorios de la IA, así como también lo serán los sistemas inteligentes que modelicen fenómenos y sistemas sociales. Este tipo de sistemas nos permitirán diseñar estrategias a corto, medio y largo plazo que nos ayuden a planificar y reaccionar ante los fenómenos sociales que se produzcan, en una sociedad con hábitos de consumo y de forma de vida más cambiantes, así como generar recomendaciones para adoptar las políticas sociales más adecuadas.

Las áreas estratégicas identificadas cubren un espectro amplio de casos de uso, permitiendo extender el potencial de la IA a todos los sectores de la sociedad. La madurez de cada área estratégica y cada sector económico y social permite el despliegue de proyectos que, mediante la IA, estarán destinados a fortalecer las capacidades de innovación y la competitividad de los propios sectores. Las tecnologías de IA se desarrollarán, conceptualizarán o aplicarán, a través de innovaciones en las aplicaciones, incluyendo las de carácter incremental, en las distintas áreas. El concepto de innovación vinculado a las actuaciones de IA no debe limitarse al carácter tecnológico, sino que deberá buscar dimensiones que, como las asociadas a nuevas aplicaciones y usos, generen valor añadido, contribuyendo a la mejora de la productividad y de la competitividad de la administración pública y empresarial.

En todas estas áreas se abren oportunidades para la generación de conocimientos, tecnologías e innovaciones de carácter multidisciplinar y disruptivo en la IA, al mismo tiempo que se promueve la combinación de investigación fundamental, aplicada y desarrollo experimental.

La I+D+I tiene la difícil tarea de facilitar y mejorar la incorporación de las tecnologías habilitadoras basadas en la IA mediante soluciones que buscan la hibridación entre el mundo físico y el digital, y con un impacto real en las áreas y sectores estratégicos del modelo socioeconómico de nuestro país. Hablaremos, por tanto, de áreas que convergen en una **IA para la Sociedad** y una **IA para la Economía** que corresponden a sectores vertebradores de nuestro país y que contribuirán cada vez más al desarrollo de las distintas dimensiones del Estado del Bienestar en España⁵⁸, teniendo en cuenta el carácter transversal de las Humanidades y las Ciencias Sociales en todos los sectores.

⁵⁸ <https://www.oecd.org/statistics/Better-Life-Initiative-country-note-Spain-in-Espagnol.pdf>

Administración Pública

La IA está llamada a ser un catalizador de la transformación de la actividad y presencia digital de la Administración pública⁵⁹. A medida que las ciudades, regiones y los Estados continúan adoptando las tecnologías informáticas más modernas, las tareas cotidianas de los empleados públicos se transforman. Siendo el sector público el mayor productor y gestor de datos de los individuos -ciudadanos y turistas-, de las empresas -públicas y privadas- y los servicios que presta, resulta natural que la IA, y en particular el análisis de datos mediante **aprendizaje automático** sea clave en la gestión de las AAPP.

El uso de *chatbots* basados en el **procesamiento del lenguaje natural** como primera interfaz entre los ciudadanos y las AAPP permite ya -por ejemplo en EEUU- reducir los tiempos de respuesta y aumentar las capacidades de focalizar a los funcionarios públicos en tareas de más valor social. Por ejemplo, en el Gobierno local, hay tres áreas clave de interacción con el ciudadano: (a) transacciones de alto volumen y baja complejidad, como formularios; (b) alta complejidad y bajos volúmenes, como la asistencia social, y en el medio, (c) aquellos que tienen una complejidad media y volúmenes medios como la planificación de permisos y la recaudación de impuestos.

Un sector de las AAPP donde la IA es crucial es el de las Estrategias de Seguridad Nacional⁶⁰, en el que la IA se empieza a aplicar ya. Por ejemplo, construyendo sistemas de información que unifican criterios, comparten información y analizan todas las entradas -en distintos formatos-, favoreciendo la colaboración entre Fuerzas y Cuerpos de Seguridad de distintos países⁶¹.

Otro sector donde la IA puede mejorar la actuación de las AAPP es procurar la interoperabilidad entre administraciones y generar procedimientos administrativos automatizados donde las técnicas de **procesamiento del lenguaje natural y tecnologías del lenguaje** son claves en el uso de las lenguas cooficiales. Cabe también destacar el uso en las AAPP de las tecnologías de registro distribuido entre las que se incluye el *blockchain*.

Educación

La educación española se encuentra en un momento crítico al contar con la segunda tasa de abandono educativo temprano más alta de Europa (18,3%) superando en más de 7 puntos a la media europea (10,6%), según el dato publicado por Eurostat en mayo de 2017⁶².

En este contexto, la I+D+I puede contribuir al desarrollo de las tecnologías en las que se basa la IA. Puede **mejorar el aprendizaje y modernizar los sistemas educativos y formativos** de nuestro país, planteándose como una nueva oportunidad para resolver viejos retos y nuevos desafíos en Educación. El uso de sistemas inteligentes permitiría transformar la educación española a partir de diferentes tecnologías, garantizando una formación inclusiva, renovada y adaptada a las necesidades de estudiantes y docentes en función de las preferencias, conocimiento y la evolución individual del estudiante. Su implementación a gran escala podría transformar completamente la educación actual. El aspecto clave es que las técnicas de IA posibilitan la aplicación de nuevos modelos educativos orientados al aprendizaje

⁵⁹ https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/cognitive-technologies/artificial-intelligence-government.html?cid=dcom_promo_featuredll/en

⁶⁰ Una Estrategia de Seguridad Nacional debe cumplir con los objetivos de la política de seguridad, los cuales velan por la protección de los intereses nacionales. Este tipo de estrategia se aplica tanto en tiempos de paz como en tiempos de guerra y tiene como límites la política general (límite superior) y las estrategias departamentales de los Gobiernos (límite inferior)

⁶¹ <https://cordis.europa.eu/project/rcn/203297/factsheet/en> (ASGARD).

⁶² Porcentaje de jóvenes de 18 a 24 años que han abandonado los estudios con una titulación inferior a la Secundaria postobligatoria, <http://estadisticas.mecd.gob.es/EducaJaxiPx/Datos.htm?path=/Formacionym/EPA2016/Aban//IO/&file=Aban102.px&type=pcaxis>

personalizado. En primer lugar, los estudiantes desempeñarían un papel más activo en su proceso de aprendizaje al conocer su propia evolución y ser más conscientes de cómo optimizarlo. En segundo lugar, permitiría a los centros educativos y formativos identificar a aquellos estudiantes que requieren más apoyo⁶³. Este análisis permitiría poder mejorar las medidas y estrategias de retención y potenciación del talento. Se podrían afrontar aspectos como la evaluación e identificación de altas competencias en el alumnado (**modelos predictivos** de IA), el tratamiento de estudiantes con diversidad funcional (analítica del aprendizaje, sistemas adaptados basados en IA), los nuevos modelos de tutorización (**sistemas inteligentes de tutorización**), **sistemas de recomendación** y retroalimentación; predicción del fracaso temprano y detección de estudiantes anómalos mediante sistemas de **aprendizaje automático** y la evaluación de competencias.

Por supuesto, estos beneficios no están exentos de riesgos y requieren de una aplicación adecuada. Para ello, necesitamos disponer de docentes formados en competencias digitales y de un tratamiento ético de los datos analizados (véanse las Prioridades 4 y 6).

Ciudades y Territorios Inteligentes y sostenibles

Las Ciudades y Territorios Inteligentes son uno de los desarrollos más importantes al que va a contribuir la IA y que tendrá un impacto directo en las economías nacionales. La IA puede ayudar a diseñar y construir ciudades sostenibles, mediante el uso de los vehículos ecológicos autónomos y conectados (reflejado en el área de Industria 4.0); aplicaciones que contribuyan a mejorar y hacer más segura⁶⁴ la movilidad; o hacer más eficiente la conectividad del transporte; mejorar la sostenibilidad de las ciudades desde el punto de vista energético, de bienestar y de igualdad de oportunidades.

Por ejemplo, las tecnologías de la IA deben contribuir al desarrollo de capacidades sensoriales artificiales (detectores de bucles de inducción, video cámaras, sensores de microondas), la electrificación inteligente de las ciudades, la programación de transporte público, el enrutamiento óptimo de vehículos y peatones, el ajuste dinámico de los límites de velocidad y de los dispositivos de regulación de tráfico, la optimización del ciclo de vida de edificios mediante tecnología de modelizado de construcción (BIM por sus siglas en inglés) hibridada con tecnologías de la IA, así como a una gestión de la ciudad basada en evidencias y escenarios mediante la analítica de datos predictiva y prescriptiva. Entre las diferentes tecnologías IA relevantes destacaremos el **aprendizaje profundo** o *deep learning*, los sistemas de tráfico inteligente, los **algoritmos de planificación multimodal** y la **optimización multicriterio**.

Salud

La atención sanitaria se considera un sector que se beneficiaría enormemente de la IA y es una de las áreas de enfoque clave del Plan Coordinado de la IA.

La IA permitirá ahorrar miles de millones⁶⁵ de euros al mejorar la prevención, el diagnóstico y el tratamiento de la obesidad infantil, las enfermedades cardiovasculares y sus secuelas, las enfermedades neurodegenerativas y el cáncer de mama, entre otros ámbitos. Además, permitirá desarrollar nuevos medicamentos y fomentar la medicina personalizada y domiciliaria o mejorar la calidad de vida de los ancianos.

La dotación económica prevista por el Gobierno español para políticas de sanidad durante el año 2018 ascendió a 4.251 millones de euros, un incremento del 3,9% respecto al ejercicio anterior, lo que supone un 6,3% del PIB nacional. Es de

⁶³ V.A. Romero-Zaldivar, A. Pardo, D. Burgos, C.D. Kloos (2012). Monitoring student progress using virtual appliances: A case study. Computers & Education, 58 (4), 1058-1067.

⁶⁴ https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/statistics/dacota/asr2017.pdf

⁶⁵ <https://www.pwc.de/de/gesundheitswesen-und-pharma/studie-sherlock-in-health.pdf>

esperar que este incremento siga produciéndose en los próximos años, ya que según un reciente estudio⁶⁶, los españoles tendrán la mayor esperanza de vida en 2040.

En este contexto es necesaria una IA capaz de explicar a los profesionales médicos el porqué de sus decisiones, mejorando los métodos de **interacción persona-computador**. En la actualidad, los médicos se basan en su experiencia a la hora de realizar el diagnóstico más probable. Una asistencia automática, capaz de efectuar dichos cálculos de probabilidad de manera normativa y con acceso en tiempo real a los datos necesarios desde la literatura científica, permitiría una mayor productividad de los profesionales sanitarios. La formación para la existencia de una nueva generación de médicos más tecnológicos y capaces de ayudar en el **diseño de estos asistentes cognitivos** es uno de los retos en este aspecto.

La llamada "Medicina P4" (predictiva, personalizada, preventiva y participativa), estará fundamentada en tecnologías emergentes como la IA y el **análisis de grandes cantidades de datos** basado en el **aprendizaje automático** y la **visión por computador**. Así, la ciencia de datos se aplicará de manera rutinaria a información, estructurada y no estructurada, proveniente de registros electrónicos de salud, -ómicas (genómica, proteómica, transcriptómica, etc.) y herramientas de imágenes médicas.

IA PARA LA ECONOMÍA

Industria Conectada 4.0

El concepto de Industria Conectada 4.0⁶⁷, consiste en la introducción masiva de tecnologías digitales que más allá de la automatización, tengan un efecto transformador en sus procesos, operaciones, productos y servicios, así como en la productividad de los empleados y en los modelos de negocio de sectores manufactureros. La industria española representa el 13% (de la industria manufacturera)⁶⁸ del valor añadido del país y emplea al 11% de la población ocupada⁶⁹, por lo que el impacto social y económico de las tecnologías de la IA es imprescindible.

Conseguir una industria inteligente, supone lograr un avance significativo dentro de los ámbitos que incluyen la operación y mantenimiento inteligente, mediante una avanzada gestión y **análisis de datos masivos** procedentes de la operación y mantenimiento de los activos de la industria y así mejorar su rendimiento operativo. Hay que destacar los modelos para diagnóstico y prognosis industrial de fallos en equipos, componentes y sistemas en servicio, así como los modelos capaces de estimar, preservar o extender la vida útil funcional de activos industriales durante sus fases de diseño y operación.

Alcanzar una **robótica** avanzada, más allá de la automatización, con niveles crecientes de percepción, coordinación, colaboración e inteligencia creando contextos híbridos persona-robot. El reto está en dotar de autonomía a máquinas y robots para adaptarse en tiempo real a los cambios en los productos y los procesos, con capacidades de **aprendizaje por experiencia** o mímica de comportamientos mediante **aprendizaje por imitación**. Este avance requiere de aspectos clave: **percepción y comprensión**; **planificación autónoma** de movimientos y acciones y; **adaptación** de la acción en modo interactivo con humanos o **modelos de enjambre**.

Son necesarias arquitecturas y modelos de IA que den soporte a activos, procesos, entornos industriales, cadenas de suministro y entrega del bien o servicio que requieran un nivel de digitalización elevado. Por ejemplo, las arquitecturas de ingesta, procesado y **análisis de datos** de altas prestaciones, el concepto de gemelo digital aplicado a un activo industrial,

⁶⁶ Kyle J Foreman et al. (2018). Forecasting life expectancy, years of life lost, and all-cause and cause-specific mortality for 250 causes of death: reference and alternative scenarios for 2016–40 for 195 countries and territories. The Lancet, 352, 2052-2090

⁶⁷ <http://www.industriaconectada40.gob.es>

⁶⁸ <http://www.ine.es/jaxi/Datos.htm?path=/t35/p010/base2010/I0/&file=01001.px>

⁶⁹ Contabilidad Nacional de España. http://www.ine.es/dynqs/INEbase/es/categoria.htm?c=Estadistica_P&cid=1254735576581

los modelos híbridos que complementen otras aproximaciones tecnológicas legadas y aquellos que permitan superar carencias típicas del dato industrial. Mejorar el desempeño operativo de las personas en planta, así como su grado de asimilación respecto a las nuevas tecnologías. Los avances basados en la I+D+I deben asistir a los operarios de plantas industriales, especialmente en ambientes hostiles, optimizando la planificación de los flujos intra-logísticos y el desempeño de la línea de producción bajo diferentes criterios. También es necesario reseñar la IA integrada en elementos de trabajo (dispositivos) para el incremento de la seguridad de los operarios en espacios confinados para evitar colisiones o brechas de seguridad.

Hoy día, uno de los sectores industriales a lo que más está afectando las tecnologías de la IA es la industria automovilística. Cabe destacar que la I+D+I de los vehículos autónomos comenzó en 1987 con el proyecto europeo EUREKA Prometheus⁷⁰. España es el noveno productor mundial de automóviles y vehículos comerciales ligeros, con cerca de tres millones de unidades producidas en 2018⁷¹. Las 17 factorías españolas generan alrededor de 250.000 puestos de trabajo directos y cerca de dos millones indirectos, con una participación del 10% en el PIB⁷². La importancia de este sector va más allá de la industria. Estos aspectos económicos y sociales, sumados a la necesidad de converger hacia una nueva organización urbana más eficiente en el desplazamiento, obligan al desarrollo de sistemas de transporte autónomos que directa e indirectamente tendrán una gran influencia en el día a día de una gran parte de la sociedad. El desarrollo de nuevas **tecnologías de asistencia al conductor** necesarias para suplir al conductor humano requiere de la generación y aplicación de nuevo conocimiento sobre IA y su consideración de los aspectos éticos, con el fin último de mejorar la seguridad, el confort y reducir costes.

El desarrollo de nuevas tecnologías y más precisión en los sensores (GPS, giroscopios, acelerómetros, sensores de luz ambiental, sensores de humedad y otros) son necesarios para suplir al conductor humano, mejorar la seguridad, el confort y reducir costes. Los nuevos sensores propiciarán la disponibilidad de datos y la conectividad en el transporte, aspectos fundamentales para el desarrollo de **sistemas inteligentes de predicción** de tráfico, cálculo de rutas y viajes compartidos, los cuales van a transformar el transporte tal y como hoy lo conocemos. Es relevante destacar que el vehículo autónomo como medio de transporte de personas o cosas trasciende del medio terrestre, siendo la IA un factor clave para el desarrollo de las industrias en otros medios como el aéreo (drones) o el marino (buques autónomos).

Recursos Naturales, Energía y Medio Ambiente

El reto de usar la IA en aplicaciones ambientales contribuirá a la Economía Circular y a asegurar una *IA respetuosa con la Tierra*⁷³. A medida que aumenta la escala y la urgencia de los impactos económicos y de salud humana debidos al deterioro de nuestro entorno natural, existe la oportunidad de ver cómo la IA puede ayudar a transformar los sectores industriales y sistemas tradicionales de producción para enfrentar el cambio climático, brindar seguridad alimentaria y aumentar la calidad del agua, ayudar a diseñar y ayudar a asegurar y proteger la biodiversidad y, por extensión, el bienestar humano.

Un área especialmente relevante en nuestro país es la Agricultura. En 2018, el valor de las exportaciones agroalimentarias en España, junto con sus actividades afines, fue de 50.348 millones de euros, que representa el 17,6% del total de las exportaciones españolas⁷⁴. Por lo tanto, este sector es fundamental para la competitividad del país. En este sector primario, la aplicación más extensa de la IA, favoreciendo las sinergias entre los grupos de investigación de IA y los de agricultura sostenible se presume esencial. Ejemplos de esta interacción son los métodos inteligentes para la agricultura sostenible y ecológica y sistemas de producción alimentaria. El uso de técnicas de IA, concretamente **aprendizaje automático** con *big*

⁷⁰ https://en.wikipedia.org/wiki/Eureka_Prometheus_Project

⁷¹ <http://www.oica.net/category/production-statistics/2017-statistics/>

⁷² <http://www.investinspain.org/invest/es/sectores/automocion/descripcion/index.html>

⁷³ <https://www.weforum.org/projects/fourth-industrial-revolution-and-environment-the-stanford-dialogues>

⁷⁴ https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/analisis-y-prospectiva/completo2017mapa_tcm30-457793.pdf

data y **análisis predictivo** permiten mejorar la agricultura de precisión en cada eslabón de la cadena agrícola con una gestión del terreno individualizada en tiempo real (riego, tratamientos fitosanitarios y posterior recolección y transformación⁷⁵). En lo que se refiere a la sostenibilidad, la IA puede ayudar a reducir de forma drástica el consumo de recursos como el agua, o la utilización de mejores sistemas de observación y de **aprendizaje automático** que pueden reducir hasta en un 90% el uso de productos fitosanitarios, algo que es posible gracias al **aprendizaje automático** que optimiza el rociado de la planta *in situ*⁷⁶.

El impacto de factores externos sobre estos recursos puede ser previsto y medido a través de **sistemas inteligentes de predicción** del tiempo y del clima y sistemas inteligentes de respuesta temprana ante desastres naturales. En el sector de la energía, la IA contribuye en la eficiencia a través **sistemas multiagente** en las redes inteligentes de distribución de energía y aplicaciones o el **modelado basado en agentes** para la sostenibilidad energética.

Seguridad

En el mundo globalizado actual donde las amenazas a la seguridad son una importante fuente de preocupación en nuestra sociedad, tanto desde la ciberseguridad (Internet y el Internet de las cosas) como desde la seguridad física. La I+D+I en las tecnologías de la IA dedicada a los sistemas de ciberseguridad para detectar y repeler amenazas, mediante las **tecnologías del lenguaje**, el **análisis de imágenes** y el **aprendizaje automático**, se plantea esencial.

Se debe tener en cuenta que los ataques automatizados y las llamadas "amenazas avanzadas y persistentes" (APT por sus siglas en inglés) que se llevan a cabo por sistemas de IA requieren desarrollos proporcionados por sistemas de defensa igualmente avanzados en capacidades de IA. El entorno urbano plantea importantes retos relacionados con la seguridad ciudadana, la protección y la prevención y el control de la delincuencia, que varían según las distintas zonas de una ciudad en función de sus condiciones económicas y sociales particulares. En un informe de 2017 de Eurostat⁷⁷ se afirmaba que la percepción subjetiva de una amenaza y los consiguientes sentimientos de inseguridad que socavan la calidad de vida deberían ser uno de los indicadores utilizados para medir la calidad de vida.

Las multitudes reunidas en grandes eventos o en centros de transporte presentan un nuevo tipo de desafío en el que las directrices de seguridad⁷⁸ son imprescindibles. Las herramientas basadas en IA deben desarrollar sistemas capaces de monitorizar en tiempo real grandes cantidades de datos obtenidos de la red, y realizar **análisis de las imágenes** de cámaras de seguridad en tiempo real, permitiendo la detección de ataques a la seguridad de la sociedad y las empresas.

Los algoritmos actuales son todavía deficientes, aunque cabe esperar que en un futuro mejoren sus capacidades predictivas: el **análisis de imágenes** procedentes de cámaras de video o el análisis de las redes sociales mediante **tecnologías del lenguaje** y el diseño de perfiles basados en el **análisis de secuencias temporales de datos**, debe evitar la detección de falsos positivos. Estas son áreas en las que deben realizarse avances para predecir comportamientos y potenciales incidentes manteniendo el respeto a las cuestiones éticas que plantean.

El ámbito de la seguridad incluye otros campos como es el aspecto asistencial a colectivos en riesgo de exclusión. La IA puede intervenir para mejorar la seguridad de estos colectivos mediante el **análisis de patrones** sociales para la prevención.

Otro elemento esencial, ligado al desarrollo de la industria del transporte, es la seguridad vial. En 2017 hubo en España 1.943 muertes como consecuencia de accidentes de tráfico (datos del INE, 2019). Los accidentes de tráfico en la UE

⁷⁵ <http://observatorio-ia.com/agricultura-de-precision-i-a>

⁷⁶ <http://www.ias.csic.es/>

⁷⁷ Final report of the expert group on quality of life indicators <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/7870049/7960327/KS-FT-17-004-EN-N.pdf>

⁷⁸ https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/701910/170614_crowded-places-guidance_v1a.pdf

supusieron en 2015 la pérdida de 26.100 vidas y dejaron más de 1.4 millones de personas heridas⁷⁹. Este aspecto social está ligado a las nuevas tecnologías, a mayor precisión en los sensores, así como, a los **sistemas inteligentes de predicción** de tráfico.

Turismo e industrias creativas, culturales y basadas en la experiencia

La tecnología en el turismo es de vital importancia en la economía nacional ya que mediante su utilización las empresas pueden aumentar su productividad y promocionar mejor sus bienes y servicios, con oportunidades y facilidades tanto para el cliente como para la industria turística. En España, el turismo es uno de los ejes a potenciar en una profunda transformación de la economía hacia la digitalización. El turismo es uno de nuestros sectores estratégicos: España en 2017 generó el 11,7% del PIB nacional⁸⁰. Pero poder mantener esos resultados depende, en gran medida, de la capacidad del sector para enfrentarse a los desafíos que se plantean, que desde el punto de vista informático son los nuevos entornos digitales, (en los que la ciberseguridad o el *Big data* son claves), la evolución del marketing y las ventas con herramientas online, o la nueva reputación en un mundo conectado.

Las redes sociales han cambiado notablemente nuestros hábitos de consumo. Por ello hay varios aspectos importantes en esta nueva Hostelería 4.0 que deben ser afrontados desde el punto de vista de la I+D+I, como son: el área de **sistemas de recomendación**, o la construcción de guías personalizadas, y herramientas que permitan una personalización de la experiencia a los gustos personales del turista, a su poder adquisitivo, a su educación, a su origen, a sus necesidades personales, etc. y pueden extenderse a otras áreas de ocio, como los conciertos, el teatro o los espectáculos deportivos, por ejemplo.

Asimismo, la IA como tecnología facilitadora permite la digitalización, el análisis y la interpretación de fuentes masivas de datos sociales, económicos, políticos, culturales y patrimoniales. Las infraestructuras de digitalización masiva del patrimonio histórico y cultural y de computación de altas prestaciones, se completan con tecnologías de IA para el tratamiento en el espacio digital de los objetos propios de las humanidades, generando un cambio radical en los procedimientos de investigación. Cabe destacar, especialmente, el análisis del amplio y rico patrimonio histórico y cultural como uno de los activos más importantes del país. La IA está transformando los métodos y procesos para la conservación y el acceso a este patrimonio generalmente *oculto* en archivos, bibliotecas y museos. La IA proporciona medios innovadores para acceder, experimentar y divulgar el patrimonio digital no sólo a la comunidad académica sino también a la ciudadanía en general con herramientas, como el **aprendizaje automático**, que permiten (re)interpretar el pasado y tomar decisiones sobre el presente y el futuro. A modo de ejemplo, podemos citar el nuevo portal de datos abiertos de la Biblioteca Nacional de España⁸¹. En definitiva, la IA aplicada a las humanidades está generando nuevos modelos y servicios de impacto importante en el turismo, la cultura o la educación, así como en la elaboración de políticas, la planificación urbana y el modelado ambiental, económico y social, entre otros ámbitos.

⁷⁹ https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/statistics/dacota/asr2017.pdf

⁸⁰ https://www.ine.es/jaxi/Datos.htm?path=/t35/p011/base_2010/serie/I0/&file=01001.px

⁸¹ <http://datos.bne.es/inicio.html>

PRIORIDAD 3. DEFINIR Y DESARROLLAR ACCIONES QUE PERMITAN LA TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO

PRIORIDAD 3

Mantener la línea de buenas prácticas: Colaboración público-privada en ecosistemas tecnológicos mixtos y convocatorias de CPI dirigidas a la IA.

Coordinación entre la Red de Nodos y de Centros de Excelencia y los *DIH*.

Crear una plataforma computacional donde los agentes de I+D+I puedan experimentar sus desarrollos antes de lanzarlos al mercado.

Herramientas de capacitación dirigidas a habilidades y certificaciones en IA.

Analizar/fomentar el uso de las herramientas de financiación del Plan Estatal de I+D+I para el fomento de la transferencia del conocimiento haciéndolos más dinámicos.

La transferencia de conocimiento entre los sectores de I+D+I (universidades y centros de investigación) y las empresas es esencial para la mejora de los procesos de producción, mejora de los servicios públicos, y para la mejora económica y social a través de nuevas oportunidades de innovación y negocio.

Como se ha comentado en la Prioridad 1, tradicionalmente, la transferencia de conocimiento de la universidad a la empresa se ha entendido en el contexto de proyectos de colaboración público-privada y a través de los distintos instrumentos de colaboración (empresa de EBT, centros o unidades asociadas formadas por departamentos de I+D de empresas y estructuras de investigación de organismos de investigación entre otros). Existen ejemplos de buenas prácticas como son: los ecosistemas tecnológicos mixtos formados por empresas y Universidades, como puede ser el Centro Tecnológico Mixto en IA (*AI.innovation Space*⁸²) y las asociaciones público-privadas que concurren a convocatorias de Compra Pública Innovadora, como es el caso de las convocatorias del Plan de Impulso de las Tecnologías del Lenguaje de la Agenda Digital⁸³.

Las diferentes **estructuras colaboración** junto con la Red de Nodos y Centros de Excelencia y los *DIHs* deben coordinarse y contribuir al desarrollo de un ecosistema de I+D+I que aporte innovaciones y beneficios a la cadena de valor y mejore el Estado del Bienestar del país.

Para lograr este objetivo, los instrumentos y agentes deben ser debidamente financiados y apoyados a través de las herramientas disponibles tanto en el sector público como el privado, creando oportunidades que deben ser aprovechadas tanto desde el punto de vista de la inversión como de la regulación. Por otro lado, la rápida evolución del mercado de la IA y su ecosistema exige nuevas actuaciones específicas dirigidas a la transferencia del conocimiento basado en el desarrollo de las tecnologías de la IA, convirtiendo estas tecnologías y su transferencia en una actividad estratégica de primer orden en España. Todo ello, debe contribuir a crear nuevas oportunidades para impulsar el mencionado ecosistema de I+D+I en IA.

Estas acciones, como elementos facilitadores de la transferencia del conocimiento de la IA, podrían incluir las siguientes, sin ánimo de ser exhaustivos:

⁸² <https://www.ainnovation.upm.es/>

⁸³ <http://www.agendadigital.gob.es/tecnologias-lenguaje/Paginas/plan-impulso-tecnologias-lenguaje.aspx>

- La **creación de una plataforma y un ecosistema computacional** donde la universidad, los centros científicos y tecnológicos y las PYME nacionales puedan experimentar sus desarrollos innovadores antes de lanzarlos al mercado. Esta plataforma debería actuar como ventanilla única, brindando y mostrando servicios, experiencia, algoritmos certificados, modelos de programación, herramientas de desarrollo, componentes, módulos, bases de datos no sesgadas, recursos informáticos, funciones de creación de prototipos y acceso a financiamiento público y privado.
- Como se establece en la Prioridad 1, debe **fomentarse la transferencia de conocimiento** entre centros científicos y tecnológicos y empresas con mayor agilidad en colaboración con los *DIH* a través de estos consorcios de innovación tecnológica especializados en IA.
- Ofrecer **herramientas de capacitación** que permitan a diferentes comunidades de usuarios obtener habilidades y certificaciones en el área de la IA.
- Deberán analizarse y, en su caso, adaptar los instrumentos existentes haciéndolos más dinámicos en los distintos programas de los Planes Estatales con el objeto de optimizar la transferencia de conocimiento de IA.
- Utilizar las herramientas disponibles del PECTI como:
 - La convocatoria de proyectos de **Compra Pública Innovadora** en IA con el objetivo de dinamizar el mercado español y mejorar la prestación de servicios públicos, tanto en la modalidad de compra pública precomercial, como en la de compra pública de tecnología innovadora.
 - El programa INNVIERTE de Capital Riesgo público de CDTI⁸⁴.
 - **Potenciar las herramientas actuales de colaboración público-privada** centradas en el ámbito de la IA.
 - Analizar el diseño de **Comisiones de evaluación** en las diferentes convocatorias de proyectos con el objeto de prestar especial atención a la IA.
 - El fomento de los **doctorados industriales**⁸⁵ en el campo de la IA y de la creación de *startups* en IA desde los entornos universitarios en base a los resultados obtenidos por la I+D+I financiada por la administración.
 - Valorar positivamente en el Programa Estatal de Promoción del Talento y su Empleabilidad en I+D+I la experiencia de post-doctoral en el desarrollo de proyectos de IA con empresas y la transferencia de conocimiento al sector socioeconómico.

PRIORIDAD 4. DESARROLLAR UN SISTEMA QUE FOMENTE LA FORMACIÓN TRANSVERSAL Y PROFESIONAL EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL

PRIORIDAD 4

La I+D+I es responsable de participar en la transformación educativa y responder a la necesidad de formaciones transversales y específicas siguiendo los desarrollos de las tecnologías de la IA.

Esta adaptación de la formación debe extenderse a las metodologías de capacitación profesional en un contexto de aprendizaje permanente y accesible.

⁸⁴ El programa INNVIERTE forma parte de la Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y de Innovación 2013-2020. Esta iniciativa no forma parte de las ayudas del PECTI pero tiene un papel estratégico en el desarrollo y consolidación de fondos de capital riesgo en todas sus fases, incluyendo capital semilla y equity funds coparticipados por entidades públicas que, como INNVIERTE, apoyan a empresas innovadoras con un alto potencial de crecimiento en sectores estratégicos para la economía española. INNVIERTE persigue promover la innovación empresarial mediante el apoyo a la inversión de capital riesgo en EBT o innovadoras, favoreciendo la creación de un ecosistema especializado que no sólo cubra la financiación de las diferentes fases del ciclo de vida de las empresas, sino que, además, dé soporte a sus necesidades de gestión, conocimiento de tecnología y acceso a líderes internacionales.

⁸⁵ <http://www.ciencia.gob.es/portal/site/MICINN/menuitem.dbc68b34d11ccbd5d52ffeb801432ea0/?vgnnextoid=2e6be8ade1e01610VgnVCM1000001d04140aRCRD>

Uno de los mayores problemas a los que se enfrenta el desarrollo de la IA en Europa es la escasez de expertos. Identificada como un área estratégica en este documento, la irrupción de la IA requiere de una educación adaptada a la sociedad digital en la que nos encontramos, así como la necesaria formación en competencias digitales en nuestro sistema educativo y laboral. Cuanto más deleguemos en las máquinas, más responsabilidad y formación debemos exigir a sus diseñadores. Esta transformación educativa implica la **necesidad de formaciones transversales y específicas** en temáticas relacionadas con la IA tanto para el desarrollo del talento en profesionales del área como para la necesaria actualización de conocimientos de la sociedad en general. Es fundamental para que los ciudadanos puedan ser conscientes de la disrupción provocada por la transformación digital y la aplicación masiva de la IA. Para conseguir que los ciudadanos comprendan las implicaciones del uso de la IA y la tecnología y maximicen las oportunidades que conlleva, es necesario que dispongan de competencias para relacionarse con la IA y sus distintos ámbitos de actuación.

En Francia, por ejemplo, se estima que a lo largo de los próximos tres años es indispensable multiplicar por tres el número de profesionales formados en IA tanto a nivel Universitario (Grado, Master, Doctorado) como de Formación Profesional⁸⁶. La necesidad del aumento de profesionales que investiguen en IA se plasma también en otros planes estratégicos nacionales como el Plan Alemán, con la creación de cien nuevas cátedras y las acciones orientadas a recuperar y retener talento e incorporar nuevo talento a un entorno competitivo.

Para afrontar este objetivo, la I+D+I juega un papel fundamental en la adecuación del sistema educativo español a esta nueva realidad tecnológica. Es necesario **adaptar el modelo educativo** siguiendo la estela de los desarrollos de las tecnologías más avanzadas de la IA, contemplando la **hibridación formativa** de ciencias, tecnologías y humanidades y formando para pensar y actuar y no solo para saber. Estos conceptos deberían estar presentes en un gran número de grados universitarios, en especial, pero no únicamente en los vinculados con la programación, las ciencias, las tecnologías, las ingenierías y las matemáticas (los llamados estudios *STEM* por sus siglas en inglés), así como en niveles anteriores y en formación permanente. Según el *EU Country Report 2019*⁸⁷, los niveles de habilidades digitales básicas y avanzadas se mantienen por debajo de la media de la UE si bien el número de graduados en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (*STEM*) está en aumento (21 graduados de educación superior por cada mil habitantes de 20 a 29 años, contra 19 en la UE, pero con una importante brecha de género). Los especialistas en tecnología de la información y la comunicación aún representan una baja proporción de la fuerza laboral (3% frente al 3,7% en la UE). Este proceso educativo se debería enfocar desde una perspectiva más amplia aún que los estudios *STEM*, pasando a los estudios *STEAM*, que añaden la creatividad al corpus de conocimientos a través de las Artes y las Humanidades, ya que sin pensamiento creativo el avance científico-tecnológico es más lento. Las grandes empresas tecnológicas como Ali Baba, Facebook y Google ya están aplicando este modelo, creando equipos multidisciplinares que han supuesto un aumento en las contrataciones de profesionales con perfil humanístico⁸⁸.

Para la transformación de un importante número de puestos actuales debido a la implantación de tecnologías de la IA, deberemos **fomentar la formación continua a lo largo de la vida profesional**. Profesionales de áreas como economía, abogacía, ingeniería o medicina, entre otras, deberán ser capaces de entender y emplear estas tecnologías, en la medida de lo necesario. El papel de la I+D+I será imprescindible en el proceso de reflexionar, reformular e **impulsar programas educativos** de distintas tipologías como grados y postgrados específicos pero también cursos de especialización y cursos *MOOC* (cursos online de carácter abierto) de alta calidad que permitan dar respuesta a las competencias que requieran las futuras profesiones.

⁸⁶ Villani, C. (2018). For Meaningful Artificial Intelligence. Towards a French and European Strategy. https://www.aiforhumanity.fr/pdfs/MissionVillani_Report_ENG-VF.pdf

⁸⁷ https://ec.europa.eu/info/publications_en

⁸⁸ <https://riipen.com/2018/01/11/beyond-boundaries-why-the-arts-and-humanities-are-needed-in-a-stem-dominant-world/>

PRIORIDAD 5

Las tecnologías de IA son esenciales en el desarrollo e implementación de una infraestructura digital dirigida a almacenar y dar acceso a los datos generados en proyectos de I+D+I financiados por la AAPP.

Estas infraestructuras deben estar alineadas a nivel europeo con el *EOSC*.

El marco jurídico y estratégico del SECTI debe desarrollar e implementar una hoja de ruta para estas infraestructuras digitales.

Las infraestructuras digitales de datos de I+D+I deben converger con el sector RISP a nivel nacional que deberá fomentar la incorporación de datos privados.

La Estrategia de I+D+I en IA reconoce el valor esencial de los datos en el desarrollo de la IA. Los datos se clasifican de numerosas formas: según su tamaño (*small, medium o big data*), por su calidad o por su procedencia (de proyectos de investigación, generados por AAPP, dispositivos móviles, sensores, programas, si son públicos o privados, por ciudadanos, etc.). Los datos se encuentran en múltiples formatos (estructurados, semiestructurados y nada estructurados), en multitud de dominios e idiomas, afectando o no a la privacidad del individuo y con diversas políticas o licencias de uso (abierto, cerrado, acceso condicionado en función de que se satisfagan ciertos requisitos, etc.).

Cualquier institución (pública o privada) que decida gestionar, reutilizar y explotar sus datos con técnicas de IA necesita de una estructura organizativa, un ecosistema digital y legal, que certifique todo el ciclo de vida del dato, y que va más allá del dato en sí y de la plataforma física que lo alberga. Adicionalmente, la gestión de los datos abiertos procedentes de las Administraciones requiere de una transparencia en la planificación, gobernanza, puesta en marcha y mantenimiento de los procesos y procedimientos que generan datos, las infraestructuras físicas y los procesos y aplicaciones que lo utilizan con fines específicos, incluyendo, entre otras, las siguientes funciones:

1. Transparencia y certificación de la gobernanza de todo el ecosistema digital;
2. Procesos de certificación a lo largo de todo el ciclo de vida del dato, especialmente cuando. (i) el dato abierto se "entrega" a un tercero para su uso y explotación, o (ii) un ciudadano, empresa o sistema software desea verificar si un dato de la Administración proporcionado por un tercero es correcto y está actualizado. El objeto es evitar el *spam* en los datos o los *fake data* de datos del sector público⁸⁹.
3. Definición de un sistema de gestión de calidad sobre los procesos y productos (datasets) generados;
4. Catálogo de datos (abiertos y cerrados) permanentemente actualizados que satisfagan los criterios de calidad;
5. Proveer de buenas prácticas y tecnologías que automaticen la apertura, gestión, reutilización y explotación de datos del sector público por la Administración o por terceros.
6. Proveer la infraestructura física computacional que permita el almacenamiento de los conjuntos de datos a lo largo de todo su ciclo de vida y de sus metadatos asociados;
7. Gestionar las políticas de privacidad y seguridad;
8. Proveer algoritmos de IA y plataformas software que proporcionan una amplia gama de servicios **comunes y frecuentemente utilizados durante** el ciclo de vida del dato (adquisición, curado, integración, almacenamiento, descarga en diferentes formatos, Interfaz de programación de aplicaciones (APIs, por sus siglas en inglés) de

⁸⁹ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/final-report-high-level-expert-group-fake-news-and-online-disinformation>

consulta, validación; y otros servicios no menos relevantes de navegación, visualización y certificación que generen confianza en los usuarios) y otros de valor añadido.

Desde el Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2017-2020 se fijó como objetivo, a través de las actuaciones que financia, promover el acceso abierto a resultados y datos de la investigación financiada con fondos públicos así como impulsar un modelo de investigación responsable y abierto a la sociedad y que permita la reutilización y el intercambio de datos procedentes de investigaciones. En este aspecto, es clave respetar y compatibilizar con los supuestos de protección del secreto industrial, patentes, diseño industrial, etc. Al igual que en los datos RISP, los datos procedentes de la investigaciones son infraestructura digital⁹⁰. Adicionalmente, este conjunto de datos se enriquecería con aquellos que pudieran aportar las entidades privadas, siendo para ello necesario explorar la definición de incentivos para que estas entidades privadas formen parte de la infraestructura de datos.

Para construir dicha infraestructura digital así, España cuenta con un conjunto de infraestructuras públicas de investigación de talla europea que facilitan el desarrollo de la investigación en el área de la IA y son polos de atracción de talento e inversiones. Este conjunto de **infraestructuras físicas computacionales** de talla mundial, permite la explotación de las tecnologías de la IA a través de una muy alta potencia de cálculo y de almacenamiento y obtención y distribución de datos. La Red Española de Supercomputación (RES)^{91,92} es una infraestructura distribuida que consiste en la interconexión de trece supercomputadores con el objetivo de ofrecer recursos de computación de alto rendimiento a la comunidad científica. Destaca el supercomputador MareNostrum 4 del Centro Nacional de Supercomputación/Barcelona Supercomputing Center (BSC) que coordina la RES.

España participa activamente con la Comisión Europea en el impulso al diseño de una de Nube Europea de Datos Científicos (EOSC por sus siglas en inglés) que pondrá en marcha un sistema federado para almacenar, compartir y reutilizar de manera interdisciplinar los datos generados en proyectos científicos y de innovación financiados con fondos públicos, utilizando unos estándares de calidad, certificación y reglas de participación comunes. Nuestro país tiene que **definir la hoja de ruta para la implantación de EOSC** al amparo del marco normativo actual de la Ley 14/2011 de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, la EECTI y de los instrumentos principales para desarrollar la política de ciencia en abierto. Este nuevo marco ofrece a la comunidad científica y académica relacionada con la IA una nueva perspectiva para la distribución y utilización de sus datos.

Esta iniciativa de la comunidad científica española debe **converger con el desarrollo del sector de la Reutilización de la Información del Sector Público**⁹³ (RISP, también conocido como datos abiertos) en España. El sector de la RISP ha sido amplio en el contexto de la AGE, la administración regional y local, con desarrollo normativo en forma de leyes, reales decretos y normas técnicas y que han supuesto cambios tecnológicos y organizacionales dentro de sus propias organizaciones y ha permitido a España situarse en uno de los primeros puestos en el mundo en el área de datos abiertos, según los últimos barómetros mundiales⁹⁴. La iniciativa de datos abiertos del Gobierno de España **datos.gob.es**⁹⁵ proporciona conjuntos de datos abiertos, en un catálogo de datos que aún es incompleto ya que existen más datos abiertos que los introducidos en el catálogo. Por otra parte, una economía basada en el uso y análisis de datos debería contemplar la inclusión de datos privados con distintos tipos de licencias.

Ejemplos de aplicación de técnicas de la IA a los datos abiertos de las AAPP son la explotación de datos de movilidad⁹⁶; la explotación de datos de contratación pública⁹⁷; o la explotación de datos sobre turismo. Algunos de los servicios

⁹⁰ <https://www.openaire.eu/>

⁹¹ <http://www.ciencia.gob.es/portal/site/MICINN/menuitem.eed4570ef37d2c8fbaa777b9026041a0/?vqnextoid=928d5ef3677c4610VqnVCM1000001d04140aRCRD>

⁹² <https://www.res.es/>

⁹³ https://administracionelectronica.gob.es/pae/Home/pae_Estrategias/pae_Gobierno_Abierto_Inicio/pae_Reutilizacion_de_la_informacion_en_el_sector_publico.html#.XFQgoFX0m70

⁹⁴ <https://opendatabarometer.org/>

⁹⁵ <http://datos.gob.es/>

⁹⁶ <https://datos.gob.es/es/noticia/2019-el-ano-de-los-datos-abiertos-de-transporte-publico-en-espana>

identificados en el *blueprint* sobre Gobierno para el 2030 del proyecto europeo CLARITY⁹⁸ requieren del uso de estas técnicas: personalización de servicios, servicios de acceso universal, ubicuos, diseño centrado en el usuario.

En definitiva, España debe **fomentar la creación de una infraestructura digital asociada a la IA**, no necesariamente centralizada, sino distribuida y que provea los diferentes componentes de la infraestructura, especialmente conjuntos de datos, certificaciones de los procesos y datos almacenados, algoritmos de IA comúnmente utilizados y las infraestructuras físicas computacionales y que puedan ser incluidas en infraestructuras paneuropeas.

Finalmente, es de destacar la privilegiada posición de España en el despliegue de la conectividad de muy alta velocidad, palanca de la transformación digital y la adopción de la Inteligencia Artificial. España dispone ya de la red de fibra óptica más extensa de Europa que cubre más del 76% de la población, pero ha de seguir promoviendo el despliegue de infraestructuras de conectividad como factor de inclusión para que la IA pueda ser adoptada por todas las empresas, ciudadanos y ciudadanas con independencia de su situación geográfica. Han de reforzarse y profundizarse en la aplicación del Programa nacional de Extensión de Banda Ancha (PEBA) y del Plan Nacional de 5G.

PRIORIDAD 6: ANALIZAR LA ÉTICA DE LA IA DESDE LA PERSPECTIVA DE LA I+D+I.

PRIORIDAD 6

Los desarrollos de las tecnologías de la IA deberán evitar el sesgo negativo y los prejuicios de género u otras formas de discriminación.

El Comité Español de Ética en la Investigación debe liderar las actividades de análisis y valoración de los aspectos éticos del uso e implantación de la IA en las actividades desarrolladas en los Planes Estatales de I+D+I.

Enfocar, desde una visión multidisciplinar, el diseño general de los sistemas de AI desde un alineamiento de los aspectos éticos, legales y sociales.

Contribuir desde la I+D+I en la redacción de un Código Ético de la IA.

Son muchas las preguntas éticas que rodean al papel que juega o ha de jugar la IA en la sociedad, en el empleo o su impacto en la economía. El éxito de la IA dependerá de cómo las personas y las máquinas colaboren para ofrecer mejores servicios –transparentes, razonables y éticos- a los usuarios potenciales, en un mundo donde cada vez seremos más exigentes con la calidad de los servicios prestados. Es una condición en el desarrollo de las tecnologías y aplicaciones de la IA ligado a esta Estrategia de I+D+I **evitar el sesgo negativo** y los prejuicios de los que adolece nuestra sociedad, como el de género, raza, u otras formas de discriminación, y que deberán evitar los sistemas de soporte a la toma de decisiones.

Desde el punto de vista europeo⁹⁹, y tal y como afirma el IA HLEG¹⁰⁰, una IA confiable y ética, hecha en Europa, ha de construirse sobre la base de décadas de aplicación consensuada de los derechos fundamentales en la UE, de modo que proporcione claridad, legibilidad y prospectiva para los usuarios, inversores e innovadores. Esto requiere de un marco legal adaptado para que la IA se utilice de manera justa, transparente y responsable, y aborde la naturaleza multicultural de

⁹⁷ www.theybuyforyou.eu

⁹⁸ <http://www.zaragoza.es/sede/portal/clarity/index>

⁹⁹ https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=56433

¹⁰⁰ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/high-level-expert-group-artificial-intelligence>

Europa; que combata los sesgos no intencionados y garantice que las inquietudes sociales y económicas relacionadas con la pérdida de empleos, la competencia desleal o el posible dominio de las máquinas se aborden de forma adecuada.

En España, el interés por los usos éticos de la IA no es una discusión nueva, pero con frecuencia se ha visto circunscrita a los ámbitos académicos. En marzo de 2017 estas discusiones saltaron a la arena pública con la celebración de un simposio paneuropeo cuyo resultado más importante es un manifiesto conocido como la “Declaración de Barcelona sobre el desarrollo y uso apropiado de la IA”¹⁰¹. La declaración considera ocho puntos –muchos de ellos comunes a manifiestos similares producidos en otras partes del mundo^{102,103,104} y que resumen la tradición ética europea y el pensamiento científico en el que se ha cimentado la investigación en la disciplina en Europa, ya sea la IA basada en el conocimiento o aquella basada en el procesamiento intensivo y extensivo de los datos en Europa. De entre esos puntos cabe destacar que las aplicaciones de la IA deben ser prudentes, confiables, responsables, identificables, con una autonomía regida por un conjunto de reglas que velen por el acervo humano.

La ética de la I+D+I aplicada a la IA es una prioridad transversal como hemos visto a lo largo de esta Estrategia de I+D+I. Por ello es necesario realizar un esfuerzo adicional a través de la investigación fundamental para determinar cómo diseñar mejores sistemas de IA que incorporen un razonamiento ético. España, a través de los distintos agentes del SECTI y, con el papel destacado del CEEI como órgano colegiado, independiente y de carácter consultivo sobre materias relacionadas con la ética profesional en la investigación científica y técnica, debe ser activa en estos aspectos de definición e identificación de la IA a nivel nacional y europeo incluyendo el análisis y propuesta de indicadores que ayuden a medir la eficacia de las medidas incluidas en los PECTI. El Comité deberá valorar y asesorar sobre el uso e implantación de la IA para ayudar a los agentes del SECTI, además de a la sociedad en general, y de forma que permita establecer una posición desde la ética en los avances de la IA en consonancia con los alineamientos europeos. La labor del CEEI puede venir acompañada de una cooperación internacional con el objeto de redactar un Código Ético de la IA alineado con los esfuerzos realizados por la Comisión Europea en este sentido¹⁰⁵.

En esta prioridad, el objetivo último de la comunidad científica española será enfocar, desde una visión multidisciplinar, el diseño general de los sistemas de IA desde un alineamiento de los aspectos éticos, legales y sociales.

¹⁰¹ <https://content.iospress.com/journals/ai-communications/31/6>

¹⁰² <https://futureoflife.org/ai-principles/?cn-reloaded=1>

¹⁰³ https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/whitehouse_files/microsites/ostp/NSTC/preparing_for_the_future_of_ai.pdf

¹⁰⁴ <https://www.accessnow.org/the-toronto-declaration-protecting-the-rights-to-equality-and-non-discrimination-in-machine-learning-systems/>

¹⁰⁵ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/draft-ethics-guidelines-trustworthy-ai>

Nombre: Evolving CBR for multi-source
experience and knowledge-rich applications
Acrónimo: NEXT-CBR
Fecha: 2009-2012
Referencia: PECTI TIN2009-13692-C03-01
Autor: CSIC y UCM



RECOMENDACIONES

Las siguientes **Recomendaciones** trascienden el ámbito de la I+D+I en España y reclaman también la presencia de otros sectores y departamentos ministeriales. Debido a la naturaleza multidisciplinar y transversal de la IA y la mencionada revolución tecnológica y social que ésta conlleva, sería lógico un alineamiento de las distintas Estrategias sectoriales del Estado y de las iniciativas e instrumentos ya existentes. Esta labor de coordinación y codesarrollo debe ser tenido en cuenta a la hora de elaborar la **Estrategia Nacional de IA** y los Planes Estatales y de Actuación que se desarrollen para ejecutar las políticas públicas a partir del Grupo de Trabajo Interministerial en IA creado el 28 de Diciembre por la Comisión Delegada para Política Científica, Tecnológica y de Innovación.

RECOMENDACIÓN 1: LANZAR UNA ESTRATEGIA NACIONAL PARA LA IA

La Comisión Delegada para Política Científica, Tecnológica y de Innovación, acordó el 28 de diciembre de 2018 la creación de un **Grupo de Trabajo Interministerial en IA** que dará respuesta a la IA como eje estratégico de la sociedad española del siglo XXI y que involucrará a las Administraciones competentes. Esta Estrategia de I+D+I en IA deberá servir como base para los trabajos necesarios entre los distintos Ministerios en dicho Grupo, que permitirán lanzar una **Estrategia Nacional para la IA** que incluya ámbitos más allá de la I+D+I, que con toda certeza serán alterados por la entrada de la IA en la sociedad como es el mercado laboral, el modelo educativo, la legislación en vigor y las relaciones dentro de la propia sociedad con los nuevos servicios y sistemas desarrollados. Dicho marco nacional deberá contar con las áreas sectoriales identificadas en la Estrategia Española de I+D+I en IA y, en caso de que sea necesario, identificar otras consideradas necesarias que permitan tener un impacto significativo en los retos de nuestro entorno social y económico. Por último, cabe destacar la importancia de la evaluación del impacto de la financiación y sus actividades derivadas de este marco estratégico. La evaluación y seguimiento de dicha Estrategia Nacional se podrá realizar a través de un **Observatorio Español de la IA** con la participación de las organizaciones que formen parte del Grupo de Trabajo Interministeriales y otros agentes socio-económicos públicos y privados.

RECOMENDACIÓN 2: VALOR DE LA IA PARA ALCANZAR LOS ODS MARCADOS POR LA AGENDA 2030

El análisis preliminar de las áreas estratégicas afectadas por la IA desde una visión de la I+D+I demuestra una evidente correspondencia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible incluidos en la **Agenda 2030** y nos recuerda la necesidad de alinear tanto las políticas como los intereses de Estado. Esta aproximación global supone, con la **Estrategia de I+D+I en IA**, dar el primer paso en el desarrollo del marco estratégico nacional que haga de la IA una *tecnología palanca o transformadora* de las políticas públicas. Es esta acción *palanca* la que deberá facilitar, a través de las diferentes acciones estratégicas o planes estatales en los distintos sectores de actuación de la Administración, alcanzar el máximo impacto positivo sobre la sociedad cuidando su efecto sobre el mercado laboral, las adaptaciones a nivel educativo y su impacto en la legislación actual.

RECOMENDACIÓN 3: IMPACTAR CON LA IA EL TEJIDO SOCIAL Y ECONÓMICO

El mercado de la IA está en continua evolución y presenta grandes oportunidades para la inversión privada, pero también debe ser objeto del interés por parte de las entidades públicas para potenciarlo y hacerlo competitivo, tanto desde el punto de vista de la inversión como en el plano de la regulación. Estamos en un nuevo contexto, tanto por la transformación de nuestra sociedad con la IA como por las **nuevas formas de transferir conocimiento**, que deben ser aprovechadas para una nueva ventaja competitiva, abriendo un nuevo espacio de colaboración no solo entre los centros de investigación y las universidades sino contando con PYMEs, grandes empresas, agentes sociales y resto de agentes del tejido

socioeconómico, en consonancia con los nuevos modelos de innovación. Por ello son necesarias actuaciones específicas para impulsar la transferencia de conocimiento que permitan que España pueda crear dicha ventaja competitiva, aprovechando las posibilidades que ésta ofrece y para no perder esta oportunidad de desarrollo que lideran China y Estados Unidos.

RECOMENDACIÓN 4: INCLUIR EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA IA EN EL MERCADO LABORAL Y FOMENTO, RECUPERACIÓN Y ATRACCIÓN DEL TALENTO

Sería deseable disponer de un **programa de fomento de las vocaciones en IA**, de acuerdo a la demanda del mercado laboral, con especial atención a la igualdad de género que en este momento supone una brecha importante. Cabe también una mención especial a la **atracción, recuperación y retención del talento**¹⁰⁶, para que nuestros investigadores e ingenieros más brillantes formen parte de este proyecto de transferencia de conocimiento y transición hacia una nueva sociedad y economía.

RECOMENDACIÓN 5: IA PARA EL USO DE DATOS DE LAS AAPP

Esta Estrategia debe servir para fomentar el establecimiento de una base para que la ingente cantidad de **datos abiertos y públicos** generados, y que no se limitan a la I+D+I, sean modelados, analizados, utilizados y explotados de forma segura y ética por la propia administración que los genera o por otras administraciones, con objeto de obtener el máximo partido de los datos abiertos utilizando técnicas de IA, mejorando la eficacia y la eficiencia de sus procesos, creando plataformas de colaboración pública-privada y reduciendo costes. Asimismo, se deben identificar los cauces para que las empresas privadas que utilizan datos abiertos puedan compartir parte de sus datos con la Administración pública con el objetivo de ofrecer mejores servicios públicos, garantizando el bienestar social y la seguridad individual y pública. Para conseguir minimizar los riesgos que supone un uso de datos abiertos del sector público sin procesos de certificación, se recomienda crear un **Instituto Nacional de Datos** que permita planificar y definir una gobernanza sobre datos procedentes de las AAPP nacionales, regionales y locales.

Esta iniciativa permitiría: formular un Plan de Datos Nacional con actualizaciones periódicas; definir una gobernanza, estructura organizativa y procedimientos interministeriales; definir un conjunto de reglamentos, normas y procedimientos alineados con las directivas de la UE; analizar la reutilización y explotación de datos abiertos del sector público; la explotación de los datos abiertos y cerrados utilizando técnicas de IA; ofrecer un punto de contacto para aconsejar a las AAPP en las estrategias a realizar para conocer cómo extraer nuevo conocimiento de los datos utilizando técnicas de IA; ofrecer una formación especializada en IA a los trabajadores públicos para poder sacar el máximo partido a los datos que disponen, y así contribuir a la mejora de las Políticas Públicas; establecer los cauces mediante los cuales las empresas privadas pueden o deben compartir parte de sus datos con la Administración Pública con el objetivo de ofrecer mejores

¹⁰⁶ El Consejo de Ministros ha aprobado a través del Real Decreto-ley 11/2018, de 31 de agosto, la transposición de la Directiva (UE) 2016/801 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de mayo de 2016, relativa a los requisitos de entrada y residencia de los nacionales de países terceros con fines de investigación, estudios, prácticas, voluntariado, programas de intercambio de alumnos o proyectos educativos y colocación au pair, lo que implica un apoyo real y tangible a favor de la internacionalización y la atracción de talento de Universidades, entidades de I+D+i y centros de investigación, simplificando trámites administrativos, reduciendo los plazos para las gestiones de autorización de residencia, y recogiendo la demanda de facilidades que favorezcan la llegada y la permanencia, como la posibilidad de impartir docencia, viajar con sus familiares o residir e investigar en más de un país europeo. Las principales novedades que introduce este Real Decreto-ley, son un paquete de medidas para agilizar, simplificar y flexibilizar los trámites administrativos para la llegada de estudiantes e investigadores extranjeros, que gozarán de un "fast track", y el desarrollo de la autorización de residencia para investigación, para nacionales de terceros países que deseen realizar actividades de formación, investigación, desarrollo e innovación en entidades públicas o privadas europeas, y que cuenten con un visado o una autorización de residencia para formación o investigación.

servicios públicos y crear colaboraciones público-privadas en las que se compartan datos que permitan ofrecer servicios innovadores de valor añadido, siempre respetando las regulaciones de privacidad y protección de datos, en beneficio de la ciudadanía y del funcionamiento de las administraciones públicas.

RECOMENDACIÓN 6: INCLUIR LA IA EN EL SISTEMA EDUCATIVO COMO PALANCA DE CAMBIO TECNOLÓGICO DEL PAÍS.

La educación en pensamiento computacional en España puede mejorarse cuando analizamos su situación atrasada con respecto al entorno europeo¹⁰⁷. La I+D+I puede contribuir a la necesaria intervención dirigida a mejorar nuestra cultura científico-tecnológica, acompañándola de otras competencias sociales y emocionales que son capaces de impulsar y enriquecer las capacidades computacionales. Para formar adecuadamente tanto a la ciudadanía y sus gobernantes en general como a los futuros expertos en IA es necesario un cambio en nuestro **modelo educativo**, formando para pensar y actuar y no sólo para saber. Parece obligado actualizar los planes de educación para que sean acordes al presente (y futuro) tecnológico en que vivimos, desde la Educación Primaria y Secundaria, pasando por la formación en la Universidad o la Formación Profesional (contemplando la hibridación formativa de ciencias, tecnologías y humanidades), hasta alcanzar su especialización en el mercado laboral y manteniendo una actualización mediante programas de aprendizaje permanente. Para poder garantizar el dominio de estas capacidades es esencial promover la formación desde los primeros niveles de la enseñanza. Esto necesariamente requiere, también, formar a los formadores. Por otra parte, la Informática en general, y en particular la IA son disciplinas muy dinámicas, lo que implica necesariamente que sus planes de estudio deberían ser más flexibles para poder adaptarse a los contextos científicos, tecnológicos, económicos y sociales. En cuanto a niveles de posgrado, y especialmente en el caso de los Programas de Doctorado, sería recomendable impulsarlos, en el marco de certificado adecuado, mediante instrumentos como las becas FPI con perfiles de IA, así como en el fomento de tesis industriales que permitan transferencia entre las Universidades, los centros de investigación y las empresas públicas y privadas.

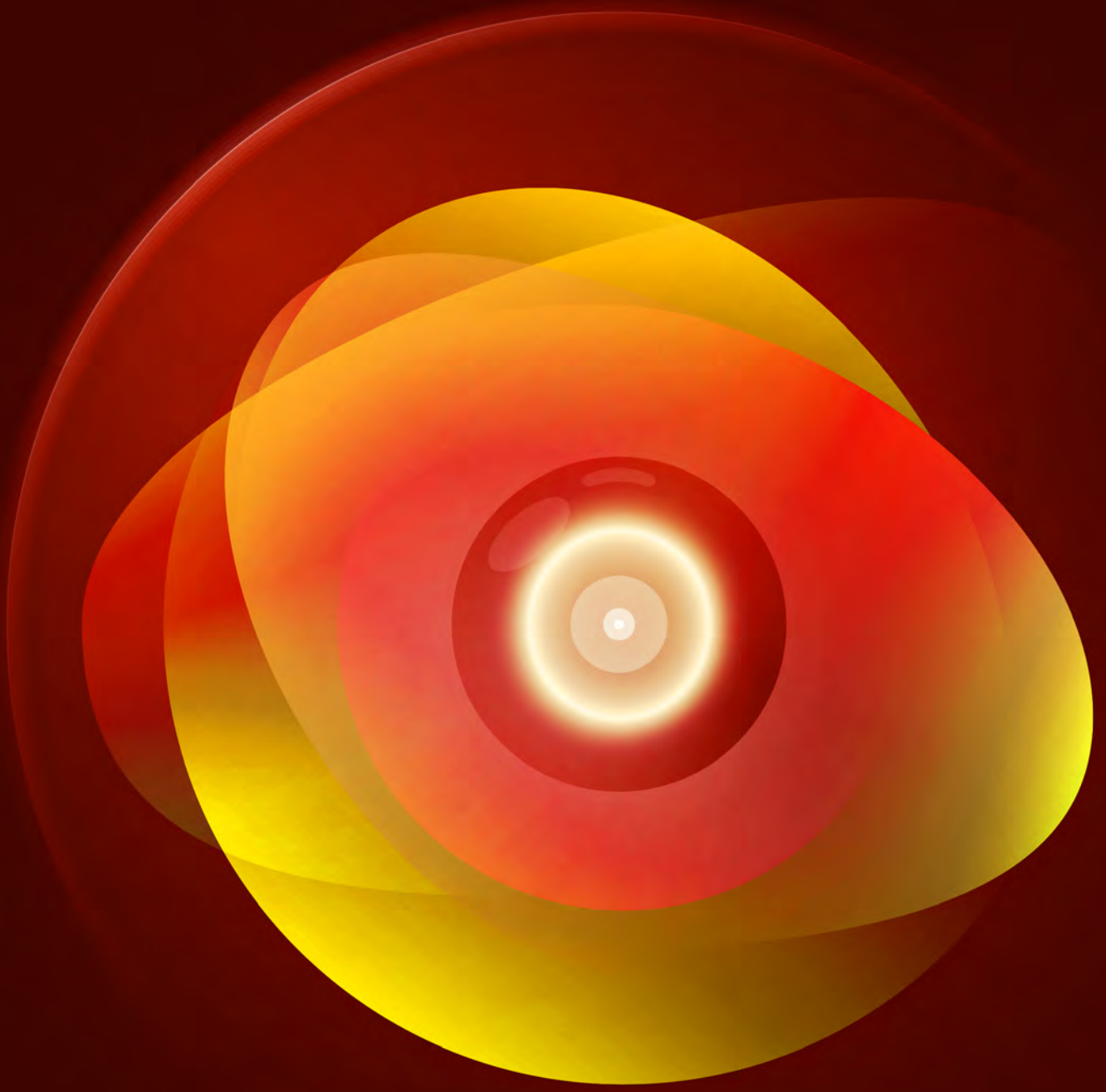
RECOMENDACIÓN 7: VELAR POR UN USO ÉTICO DE LA IA EN TODOS SUS CAMPOS DE APLICACIÓN

En los últimos diez años, los logros de la IA han generado preguntas de calado sobre la dirección y las implicaciones de estas tecnologías en la sociedad y la economía. No solo los avances científicos y tecnológicos deben impactar en el desarrollo de las tecnologías de la IA. Velar por la economía y la sociedad se presenta como un desafío, por lo que el desarrollo de las nuevas aplicaciones deberá ser dirigido por los **principios éticos, legales y sociales de España y Europa** que serán incluidos en un Código Ético de la Inteligencia Artificial co-desarrollado a nivel interministerial.

¹⁰⁷ https://intef.es/wp-content/uploads/2017/02/2017_0206_CompuThink_JRC_UE-INTEF.pdf

ACRÓNIMOS

<u>AAPP</u> Administraciones Públicas	<u>IIIA-CSIC</u> Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial del Consejo Superior de Investigaciones Científicas
<u>AEI</u> Agencia Estatal de Investigación	<u>I+D+I</u> Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación
<u>AEPIA</u> Asociación Española para la Inteligencia Artificial	<u>ISCI</u> Instituto de Salud Carlos III
<u>AGE</u> Administration General del Estado	<u>KETS</u> <i>Key Enabling Technologies</i> / Tecnologías Facilitadoras Esenciales
<u>AI HLEG</u> <i>High-Level Expert Group on Artificial Intelligence</i> / Grupo de alto nivel de expertos en IA	<u>MCIU</u> Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades
<u>API</u> <i>Application Programming interface</i> / Interfaz de programación de aplicaciones	<u>MFP</u> Marco Financiero Plurianual de la UE
<u>BIM</u> <i>Building Information Model</i> / Tecnología de modelado de información en sector de construcción	<u>MINCOTUR</u> Ministerio de Industria, Comercio y Turismo
<u>BSC-CNS</u> Barcelona Supercomputing Center, Centro Nacional de Supercomputación	<u>MINECO</u> Ministerio de Economía y Empresa
<u>CCAA</u> Comunidades Autónomas	<u>OCDE</u> Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
<u>CDTI</u> Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial	<u>ODS</u> Objetivos de Desarrollo Sostenible
<u>CEEI</u> Comité Español de Ética de la Investigación	<u>PECTI</u> Planes Estatales de Ciencia, Tecnología e Innovación
<u>COM</u> Comisión Europea	<u>PRACE</u> <i>Partnership for Advanced Computing in Europe</i> / Asociación para la Computación Avanzada en Europa
<u>CSIC</u> Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas	<u>RD</u> Real Decreto
<u>CVC-UAB</u> Centro de Visión por Computador, Universidad Autónoma de Barcelona	<u>RES</u> Red Española de Supercomputación
<u>DIH</u> <i>Digital Innovation Hubs</i> / Centros de Innovación Digital	<u>RISP</u> Reutilización de la Información del Sector Público
<u>EBT</u> Empresas de base tecnológica	<u>SEAD</u> Secretaría de Estado de Avance Digital del Ministerio de Economía y Empresa
<u>EECTI</u> Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación	<u>SECTI</u> Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación
<u>EOSC</u> <i>European Open Science Cloud</i> / Nube Europea de Datos Científicos	<u>SGCPC</u> Secretaría General de Coordinación de Política Científica
<u>GTIA</u> Grupo de Trabajo en Inteligencia Artificial	<u>UE</u> Unión Europea
<u>IA</u> Inteligencia Artificial	<u>UGR</u> Universidad de Granada
	<u>UPC</u> Universidad Politécnica de Cataluña
	<u>UPM</u> Universidad Politécnica de Madrid



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES