

Publicado en Actualidad Jurídica Ambiental el 16 de enero de 2023

“LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL COMO AGENTE CONTAMINANTE: CONCEPTO JURÍDICO, IMPACTO AMBIENTAL Y FUTURA REGULACIÓN”

“ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS A POLLUTANT: LEGAL
CONCEPT, ENVIRONMENTAL IMPACT AND FUTURE
REGULATION”

Autor: David Edgar Araiz Huarte, contratado predoctoral en Universidad Pública de Navarra (España).

Fecha de recepción: 25/10/2022

Fecha de aceptación: 09/12/2022

Fecha de modificación: 10/01/2023

DOI: <https://doi.org/10.56398/ajacieda.00071>

Resumen:

La inteligencia artificial está suscitando intensos debates en el conjunto de la doctrina sobre su compatibilidad con la ética humanista imperante en la sociedad occidental. Esta perspectiva antropocéntrica del cambio de paradigma planteado por la inteligencia artificial no agota sin embargo la hilera de consecuencias perniciosas que la misma puede acompañar. Así pues, el medio ambiente también se erige como un bien jurídico a proteger frente al fenómeno de esta nueva tecnología. La ingente cantidad de energía demandada por algunos de los modelos de inteligencia artificial erosiona de raíz cualquier objetivo de eficiencia energética que pueda llegar a plantearse en el campo de las TIC. Por ello, el objetivo de este trabajo será el consistente en analizar este nuevo reto al que deberá enfrentarse, más pronto que tarde, el Derecho ambiental.

Abstract:

Artificial intelligence is giving rise to intense debates in the doctrine about its compatibility with the humanist ethics prevailing in Western society. This anthropocentric perspective of the paradigm shift posed by artificial intelligence does not, however, exhaust the line of pernicious consequences that may accompany it. Thus, the environment also emerges as a legal asset to be protected against the phenomenon of this new technology. The enormous amount of energy demanded by some of the artificial intelligence models erodes any energy efficiency objectives that may be set in the field of ICTs. For this reason, the aim of this paper will be to analyze this new challenge that environmental law will have to face sooner rather than later.

Palabras clave: Inteligencia artificial. Medio ambiente. Energía.

Keywords: Artificial intelligence. Environment. Energy.

Índice:

1. Planteamiento General
2. Definición de inteligencia artificial y de sus elementos integradores
 - 2.1 Concepto de inteligencia artificial
 - 2.1.1 Construcción jurídica de la definición de inteligencia artificial
 - 2.1.2 La tecnología de *machine learning*
 - 2.1.3 Exteriorización de los sistemas de inteligencia artificial
 - 2.2. Los elementos constitutivos de los sistemas IA: algoritmos y datos
3. La peligrosidad de los sistemas IA para el medio ambiente
 - 3.1. Introducción
 - 3.2. Desarrollo y entrenamiento de los sistemas IA
 - 3.3. El uso de los sistemas IA
 - 3.4. Infraestructuras de datos: los centros de datos y las redes de transmisión
4. Hacia una positivización del impacto ambiental de la IA: primeros documentos de programación y planificación
 - 4.1. Introducción
 - 4.2. Panorama internacional
 - 4.2.1. Recomendación de la UNESCO sobre la Ética de la Inteligencia Artificial

- 4.2.2. Otras iniciativas internacionales
- 4.3. La planificación de la IA en la Unión Europea
 - 4.3.1. Comunicaciones de la Comisión Europea
 - 4.3.2. Especial mención a la propuesta de Reglamento europeo sobre IA
- 4.4. Recepción de la dimensión ambiental de la IA en el Derecho español
 - 4.4.1. Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial y la Carta de Derechos Digitales
 - 4.4.2. Artículo 6 de la Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética
 - 4.4.3. El Programa Nacional de Algoritmos Verdes
- 5. Consideraciones de *lege ferenda* en torno al impacto ambiental de la IA
 - 5.1. Introducción
 - 5.2. ¿Es aplicable la Directiva 2009/125 de diseño ecológico?
 - 5.3. Propuesta de requisitos ambientales *ex ante* para la introducción de un sistema IA en el mercado
 - 5.3.1. Normas jurídicamente vinculantes
 - 5.3.2. Incentivos económicos
- 6. Conclusiones
- 7. Bibliografía

Index:

- 1. General approach.
- 2. Definition of artificial intelligence and its integrating elements.
 - 2.1 Concept of artificial intelligence.
 - 2.1.1 Legal construction of the definition of artificial intelligence.
 - 2.1.2 Machine learning technology.
 - 2.1.3 Externalisation of artificial intelligence systems.
 - 2.2. The building blocks of AI systems: algorithms and data.
- 3. The danger of AI systems for the environment.
 - 3.1. Introduction.
 - 3.2. Development and training of AI systems.
 - 3.3. The use of AI systems.
 - 3.4. Data infrastructures: data centres and transmission networks.
- 4. Towards a positivisation of the environmental impact of AI: first planning documents.
 - 4.1. Introduction.
 - 4.2. International overview.

- 4.2.1. **UNESCO Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence.**
- 4.2.2. **Other international initiatives.**
- 4.3. **AI planning in the European Union.**
 - 4.3.1. **Communications from the European Commission.**
 - 4.3.2. **Special mention of the proposal for a European Regulation on AI.**
- 4.4. **Reception of the environmental dimension of AI in Spanish law.**
 - 4.4.1. **National Artificial Intelligence Strategy and the Digital Bill of Rights.**
 - 4.4.2. **Article 6 of Law 7/2021 of 20 May on Climate Change and Energy Transition.**
 - 4.4.3. **The National Green Algorithms Program.**
- 5. ***Lege ferenda* considerations on the environmental impact of AI.**
 - 5.1. **Introduction.**
 - 5.2. **Does the Eco-design Directive 2009/125 apply?**
 - 5.3. **Proposal for *ex ante* environmental requirements for the introduction of an IA system on the market.**
 - 5.3.1. **Legally binding rules.**
 - 5.3.2. **Economic incentives.**
- 6. **Conclusions.**
- 7. **Bibliography**

1. PLANTEAMIENTO GENERAL

El uso de la inteligencia artificial (en adelante, IA) por parte de los sectores público y privado está comenzando a desmarcarse poco a poco de la excepcionalidad, convirtiéndose lo futurista en algo presente, tangible y real, no rebajando su trascendencia a la de una moda pasajera o trivial.

La consideración de la IA como tecnología destinada a convertirse en el denominador común de múltiples sectores económicos, significa a su vez, la emersión de fallos de mercado inherentes a la implementación de cualquier nueva tecnología. Y por supuesto, el impacto ambiental producido por los sistemas IA, se erige como una de las disfunciones de mercado más a tener en cuenta por parte de los legisladores.

Impacto ambiental, el cual deriva principalmente de la cantidad ingente de energía requerida por los sistemas IA para su eficaz desarrollo, entrenamiento y uso. La trascendencia del problema se asienta primeramente en el origen de dicha energía. Es cierto que el proceso de descarbonización avanza a buen

ritmo¹, pero la sombra de los combustibles fósiles continuará proyectándose, al menos en el corto y medio plazo. Por otra parte, aun cuando la transición energética llegue a su fin, no conviene olvidar el impacto ambiental derivado de las propias infraestructuras necesarias para el funcionamiento de las fuentes renovables. Por ello, es importante entender que los objetivos de eficiencia energética y ahorro energético no deben decaer por el mero hecho de que el imperio de las energías renovables comience su pleno momento de esplendor².

Como consecuencia de la necesaria persistencia en los objetivos de eficiencia energética, las estrategias, políticas y acciones de la Unión Europea y sus Estados miembros acometidas en materia de IA, deberían contemplar la variante ambiental en concordancia con lo dispuesto por los artículos 11 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea y 37 de la Carta de Derechos Fundamentales de la Unión Europea. La revolución tecnológica, y en concreto la referida a la IA no para, avanzando cada día hacia nuevos modelos más complejos y a su vez más necesitados de energía para su correcto funcionamiento. Por ello, la precaución y la prevención devienen capitales.

Así como ha comenzado a florecer una cierta concienciación en las instituciones públicas acerca del reto medioambiental planteado por la IA, no puede decirse lo mismo del conjunto de la sociedad, que ya de por sí destaca por su general falta de sensibilización ambiental, extrapolándose ahora dicho estado de desconocimiento a la amenaza ambiental que promete suponer la IA para los próximos años.

Ejemplo de ello son los resultados obtenidos de la encuesta realizada entre marzo y julio de 2021 por el *Joint Research Centre* (JRC)³ de la Comisión Europea, en donde al ser preguntados profesionales de diferentes ámbitos acerca de los efectos que pudiera llegar a tener la IA en el medio ambiente, un 63% respondió la opción referida a la IA como agente inocuo para el entorno natural, un 32%

¹ Véase GALERA RODRIGO, Susana., [Cambio de modelo en la transición energética: ¿otro tren que pasará?](#) *Actualidad Jurídica Ambiental*, n. 114, 2021, pp. 3 y 4 (Fecha de último acceso 11-10-2022).

² Por eso precisamente uno de los objetivos pilares de la Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética, es el de la eficiencia energética. En concreto "disminuyendo el consumo de energía primaria en, al menos, un 39,5 %, con respecto a la línea de base conforme a normativa comunitaria" (art. 3.1.d). Debe entenderse por "energía primaria" aquella procedente de fuentes renovables y no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación (art. 2. k, RD 390/2021, de 1 de junio).

³ European Commission, Joint Research Centre, MANZONI, María; MEDAGLIA, Rony; TANGI, Luca. [AI Watch, road to the adoption of artificial intelligence by the public sector: a handbook for policymakers, public administrations and relevant stakeholders](#) Publications Office of the European Union, 2022, pp. 65-68 (Fecha de último acceso 06-08-2022).

afirmó la positividad de su despliegue y sólo un 5% defendió los efectos negativos que podría llegar a tener los sistemas IA para el medio ambiente.

Al margen de los concretos datos de la encuesta, este sondeo resulta muy ilustrativo, ya que muestra las dos perspectivas bajo las que debe analizarse este binomio conformado por la IA y el medio ambiente. Por una parte, la IA se presenta como un elemento aliado en la lucha contra el cambio climático y en la *verdificación* de los sectores económicos: la IA puede ayudar en la predicción de incendios y desastres naturales, en la agricultura con la optimización del uso de productos fitosanitarios, en la eliminación de residuos plásticos en mares y océanos, o en la reducción de desplazamientos motorizados (*green by AI*). Sin embargo, la segunda cara de la relación IA-medio ambiente consistente en la inmensa cantidad de energía necesaria para el desarrollo, entrenamiento y uso de los sistemas IA (*green in AI*), convierte a esta nueva tecnología en una incógnita ambiental necesitada de ser despejada y resuelta.

A pesar de resultar especialmente interesante el papel que puede llegar a jugar la IA en la consecución de objetivos ambientales previstos en el Acuerdo de París o en el más reciente Pacto Verde Europeo, la finalidad del trabajo que a continuación se ofrece, centrará su atención en la cuestión que mayor inmediatez genera en cuanto a la reacción del Derecho ambiental se refiere. Es decir, el estudio de la IA como agente contaminante.

2. DEFINICIÓN DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y DE SUS ELEMENTOS INTEGRADORES

2.1. Concepto de Inteligencia Artificial

2.1.1. Construcción jurídica de la definición de Inteligencia Artificial

Una de las primeras inmersiones en la ardua tarea de encontrar una definición a la IA fue realizada en el verano de 1955 por el prominente informático John McCarthy con la colaboración de otros reconocidos informáticos⁴.

Este grupo de pioneros en el campo, introdujeron su estudio sobre IA con la siguiente explicación: "Cada aspecto del aprendizaje o cualquier otra característica de la inteligencia puede, en principio, describirse con tanta precisión que puede hacerse que una máquina lo simule. Se intentará averiguar cómo hacer que las máquinas utilicen el lenguaje, formen abstracciones y

⁴ John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester y Claude Shannon protagonizaron la Conferencia de Dartmouth de 1956, *Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*, en la que presentaron su estudio *A proposal for Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*, de 31 de agosto de 1955.

conceptos, resuelvan tipos de problemas ahora reservados a los humanos y se mejoren a sí mismas". Para finalmente terminar afirmando que la esencia de la IA residía en "hacer que una máquina se comporte de formas que serían llamadas inteligentes si un ser humano se comportara de esa misma forma"⁵. Como puede observarse el concepto de inteligencia artificial propuesto por McCarthy se sustentaba en todo momento en la comparativa con el comportamiento humano, dando a entender que dicha tecnología había nacido para emular actuaciones humanas⁶.

Esta primera conceptualización de la IA ha ido mutando a lo largo de los años como consecuencia del avance científico y tecnológico en la materia. No será objeto de este trabajo realizar un exhaustivo análisis de tal evolución terminológica, pero sí se hace necesario, por su relevancia jurídica, observar cómo desde la Unión Europea se realizado el esfuerzo de ir adaptando el concepto de IA a la nueva realidad tecnológica y social. Son tres las definiciones pilares que han intentado moldear un término jurídico para esta tecnología con el objetivo de garantizar la seguridad jurídica en el futuro marco normativo sobre IA.

La primera definición propuesta por la Unión se contiene en la Comunicación de la Comisión *Inteligencia Artificial para Europa*, de 25 de abril de 2018⁷ (comúnmente conocida como la estrategia europea de inteligencia artificial). Comienza con una afirmación compartida por el conjunto de la doctrina, estableciendo que la IA obedece a "sistemas que manifiestan un comportamiento inteligente, pues son capaces de analizar su entorno y pasar a la acción (con cierto grado de autonomía) con el fin de alcanzar objetivos específicos"⁸.

A continuación, postula las dos vertientes mediante las que la IA se manifiesta, afirmando que "Los sistemas basados en la IA pueden consistir simplemente en un programa informático (p. ej. asistentes de voz, programas de análisis de imágenes, motores de búsqueda, sistemas de reconocimiento facial y voz), pero la IA también puede estar incorporada en dispositivos de *hardware* (p. ej. robots avanzados, automóviles autónomos, drones o aplicaciones del internet de las cosas)".

⁵ MCCARTHY, John, et al., *A proposal for Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*, de 31 de agosto de 1955, pp. 2 y 11.

⁶ BERENTE, Nicholas, et al., *Managing Artificial Intelligence*, *MIS Quarterly*, Volume 45, n. 3, 2021, pp. 1433 - 1450.

⁷ COM (2018) 237 final, de 25 de abril.

⁸ Esta idea vuelve a ser compartida en iguales términos por el importante Plan Coordinado sobre la Inteligencia Artificial, de 7 de diciembre de 2018, recogido en la COM (2018) 795 final, de 7 de diciembre.

Esta última descripción resulta de considerable interés, ya que desenmascara la verdadera naturaleza primaria de la IA, catalogando la misma como un programa informático, el cual puede adoptar una forma física (un robot, p.ej.), o simplemente funcionar como un *software* susceptible de ser implementado desde un ordenador con la capacidad de computación necesaria para ejecutar dicho programa.

Precisamente con el objetivo de expandir y actualizar la definición emprendida por la estrategia europea de inteligencia artificial, la Comisión Europea contrató al Grupo Independiente de Expertos de Alto Nivel sobre Inteligencia Artificial.

Este grupo de expertos publicó el 8 de abril de 2019 un estudio titulado *A definition of AI: main capabilities and disciplines* donde profundiza acerca de las funciones que pueden llegar a ejecutar los sistemas IA, explicando que “dado un objetivo complejo, actúan en la dimensión física o digital percibiendo su entorno mediante la adquisición de datos, interpretando los datos recogidos, estructurados o no⁹, razonando sobre el conocimiento o procesando la información, derivada de estos datos y decidiendo la mejor acción o acciones a realizar para lograr el objetivo dado. Los sistemas de IA pueden utilizar reglas simbólicas o aprender un modelo numérico, y también pueden adaptar su comportamiento analizando cómo el entorno se ve afectado por sus acciones anteriores”.

Sin embargo, lo más destacable de este estudio (y motivo por el cual diferentes entidades y organizaciones lo han citado como referente¹⁰) es la diferenciación que plantea dentro del concepto general de IA. Así, distingue la IA, como disciplina científica, de los sistemas IA y de las tecnologías que hacen posible desarrollar dicho programa informático (*machine learning*, *machine reasoning* y la robótica)¹¹.

Esta triple vertiente de elementos que en todo caso orbitan alrededor del término IA, ha sido también analizada y compartida por otros organismos como el Instituto Universitario Europeo que defiende “el hecho de que hay que distinguir entre la inteligencia artificial como disciplina científica (IA) y los

⁹ Los datos estructurados se refieren a aquellos que se encuentran ordenados y etiquetados (por ejemplo, en una base de datos), siendo por lo general únicamente texto. Por el contrario, los datos no estructurados consisten en datos que no se encuentran previamente predefinidos y que suelen ubicarse en textos, imágenes, vídeos o audios no recogidos en una base de datos.

¹⁰ Por ejemplo, el *Joint Research Centre* (JCR) en su publicación [AI Watch Defining Artificial Intelligence 2.0](#), de 29 de octubre de 2021, califica la definición propuesta por el grupo de expertos como “el punto de partida para el desarrollo de la definición operativa para abordar los objetivos de la IA”.

¹¹ Como se verá *infra*, la Propuesta de Reglamento europeo de Inteligencia Artificial prevé tecnologías IA diferentes a las mencionadas por el grupo de expertos.

sistemas de inteligencia artificial”, reconociendo que estos últimos obedecen al concreto *software* creado por el ser humano para resolver un objetivo complicado¹². Esto último resulta más comprensible a la luz de la conclusión esgrimida por Stuart J. Russel y Peter Norvig¹³ que contemplan la IA como aquel campo de conocimiento que se ocupa de la construcción de sistemas capaces de adoptar un comportamiento racional en una situación propuesta.

Finalmente, la propuesta de Reglamento europeo sobre inteligencia artificial¹⁴, que pretende convertirse como la primera norma en regular esta tecnología, ha intentado positivizar un concepto de sistema IA que proporcione seguridad jurídica acerca de su ámbito de aplicación. Como podrá observarse a continuación, el texto de la propuesta evita entrar en la conceptualización de la IA como disciplina científica, centrando su foco de atención en la diferenciación entre los sistemas IA y las tecnologías que constituyen dichos sistemas.

De esta manera, en su artículo 3 apartado primero, define los sistemas IA como “el software que se desarrolla empleando una o varias de las técnicas y estrategias que figuran en el anexo I¹⁵ y que puede, para un conjunto determinado de objetivos definidos por seres humanos, generar información de salida como contenidos, predicciones, recomendaciones o decisiones que influyan en los entornos con los que interactúa”. Esta definición es defendida por la propia Comisión en su COM (2021) 205 final, de 21 de abril, catalogándola de “tecnológicamente neutra” y con perspectivas de futuro, en la medida en que puede abarcar técnicas y enfoques que aún no se conocen o desarrollado.

Tal remisión realizada por el precepto al anexo I, muestra la intención de la norma de distinguir entre lo que son sistemas IA y técnicas o tecnologías IA, siendo estas últimas las necesarias para desarrollar los primeros. Es destacable en este contexto, que la tecnología IA más preponderante de las citadas en el anexo I, trata de la conocida como *machine learning*. Este tipo de IA se caracteriza, entre otros aspectos, por su considerable independencia con respecto al factor

¹² [Models of law and regulation for AI](#), EUI RSCAS, 2020/63 (Fecha de último acceso 02-08-2022).

¹³ RUSSEL, Stuart; NORVING, Peter, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Ed. Pearson, 2010, pp.1-5.

¹⁴ COM (2021) 206 final, de 21 de abril.

¹⁵ El Anexo I hace referencia a las siguientes tecnologías: Estrategias de aprendizaje automático (*machine learning*), incluidos el aprendizaje supervisado, el no supervisado y el realizado por refuerzo, que emplean una amplia variedad de métodos, entre ellos el aprendizaje profundo (*deep learning*); estrategias basadas en la lógica y el conocimiento, especialmente la representación del conocimiento, la programación (lógica) inductiva, las bases de conocimiento, los motores de inferencia y deducción, los sistemas expertos y de razonamiento (simbólico); estrategias estadísticas, estimación bayesiana, métodos de búsqueda y optimización.

humano, su incompatibilidad con el principio de transparencia y su ingente demanda energética. Todos estos elementos sitúan a la tecnología de *machine learning* en la cresta de este cambio de paradigma¹⁶ y por ello una breve nota merece ser realizada al respecto.

2.1.2. La tecnología de *machine learning*

La técnica de *machine learning* (aprendizaje automático) tiene muchas caras¹⁷, desde modelos más sencillos como el *supervised learning*¹⁸ (aprendizaje supervisado) en donde se incluyen los árboles de decisión, pasando por el *reinforcement learning*¹⁹ (aprendizaje de refuerzo), hasta modelos extremadamente complejos como el *deep learning*²⁰ (aprendizaje profundo) o las redes neuronales profundas.

Es importante remarcar la esencia del *machine learning* subrayada por uno de sus precursores, Arthur Lee Samuel²¹. Esta consiste en la habilidad de aprender sin haber programado el sistema explícitamente, basándose en la identificación de patrones sobre los *inputs* ofrecidos y en la aplicación subsiguiente del conocimiento adquirido a los nuevos datos de entrada.

Así, los algoritmos de *machine learning* tienden a adquirir cierta independencia respecto al ser humano, sin perjuicio de que su grado de autonomía y autosuficiencia dependa del tipo de submodelo de *machine learning* que se implemente (aprendizaje supervisado, no supervisado, reforzado, profundo, etc.).

No obstante, dicho grado de autonomía lleva consigo una falta de transparencia y explicabilidad respecto a las predicciones y soluciones a las que llega un sistema de *machine learning*. Ocurre que estos sistemas se sustentan en las conocidas como *black boxes* (cajas negras), resultando imposible en la actualidad conocer las concretas razones por las que los algoritmos de *machine learning* han

¹⁶ BERENTE, Nicholas, et al., Op. cit, pp. 1435-1438.

¹⁷ MAHESH, Batta., [Machine Learning Algorithms - A Review](#). *International Journal of Science and Research*, Vol. 9, n. 1, enero 2020, pp. 381-386 (Fecha de último acceso 13-09-2022).

¹⁸ Sistema entrenado con conjunto de datos estructurados para predecir resultados con precisión.

¹⁹ Sistema entrenado a base de prueba y error sin contar con un conjunto de datos.

²⁰ Sistema que debe ser entrenado con *big data* (conjunto masivo de datos), los cuales pueden ser estructurados o no estructurados, y a diferencia del resto de modelos de *machine learning*, no necesita de intervención humana alguna para procesar dichos datos.

²¹ SAMUEL, Arthur, L., Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers, *IBM journal of Research and Development*, vol. 3, n. 3, julio 1959, pp. 211.

llegado a un resultado²². Por ello, debe continuarse investigando maneras de contrarrestar esta opacidad para aquellas aplicaciones en las que los derechos fundamentales de las personas puedan resultar trasgredidos a consecuencia de esa falta de transparencia.

2.1.3. Exteriorización de los sistemas de inteligencia artificial

Volviendo al análisis de la definición contenida en el artículo 3 de la propuesta de Reglamento europeo sobre IA, si se considera su literalidad, pudiera parecer que los sistemas IA no poseen una realidad física, sino que únicamente se configuran como programas informáticos cuya ejecución se lleva a cabo por medio de un ordenador. Por ello, se hace necesario atender a lo dispuesto en el artículo 6 de la propuesta donde a propósito de los requisitos para que un sistema IA sea calificado como de "alto riesgo"²³, se hace referencia a los tres tipos de formas en las que los sistemas IA pueden mostrarse al mundo.

En primer lugar, el sistema IA puede ser utilizado como componente de seguridad, gestión o control de un producto (un juguete, un vehículo, un ascensor, un equipo radioeléctrico, etc.). Es decir, en este caso el sistema IA se integraría dentro de una realidad física en forma de producto.

En segundo lugar, el sistema IA puede ser en sí mismo un producto, por ejemplo, un robot. Tal y como se ha visto con anterioridad al mencionar la definición propuesta por la estrategia europea de IA²⁴, estos sistemas pueden adquirir una dimensión física al estar incorporados en un aparato robótico, el cual modificará el entorno exterior en base a las órdenes con las que hayan sido entrenados los algoritmos del sistema IA integrado en aquel. La diferencia con respecto al primer grupo reside en que los robots son precisamente robots por funcionar a partir de inteligencia artificial. Es decir, la IA forma parte de la esencia del propio aparato robótico, mientras que un juguete al que no se le ha incorporado un sistema IA sigue siendo un juguete.

²² La expresión "black boxes" procede del conocido libro de PASQUALE, Frank., *The black box society. The secret algorithms that control money and information*, Harvard University Press, Cambridge (Mass.), 2015, pp. 7 y ss.

²³ La clasificación de un sistema IA como de "alto riesgo" depende de la finalidad prevista para el sistema (p.ej., para su uso por la Administración de justicia o para evaluar la solvencia de personas físicas) y de la gravedad del posible daño que puedan producir a la salud, seguridad o derechos fundamentales de las personas (véase los considerandos 27 y 28 de la Propuesta de Reglamento europeo sobre IA).

²⁴ COM (2018) 237 final, de 25 de abril.

Finalmente, la tercera manifestación que puede adquirir un sistema IA es como *software* no incorporado a ningún tipo de producto específico (llamados "sistemas IA independientes" por la propuesta de Reglamento)²⁵. En este supuesto, el sistema IA funcionará dentro del contexto de la realidad no física²⁶ siendo ejecutable desde cualquier ordenador con la capacidad de computación suficiente para llevar a cabo dicha tarea.

Con todo, esta es la definición que provisionalmente promete ser aplicada a los operadores²⁷ de IA, aunque tal y como se señaló en el *Libro Blanco sobre la inteligencia artificial*, toda definición sobre IA debe carecer de un carácter estático advirtiéndose que "en los nuevos instrumentos jurídicos, la definición de la IA tendrá que ser suficientemente flexible para adaptarse al progreso técnico al tiempo que mantiene un nivel de precisión adecuado para ofrecer la seguridad jurídica necesaria"²⁸.

Por tanto, debe exigirse al Consejo y al Parlamento Europeo una postura flexible, coherente con los avances científicos que surgirán en los próximos años, así como una actitud colaborativa con aquellas organizaciones internacionales que también han aceptado el reto de plantear una definición para la IA (UNESCO²⁹, OCDE³⁰, ETSI³¹, World Economic Forum³², entre otras).

²⁵ *Vid.* considerando 32 de la propuesta de Reglamento europeo sobre IA.

²⁶ Piénsese por ejemplo en un *chatbot* (subtipo de sistema de procesamiento del lenguaje natural), o en un *deepfake*, o incluso en un sistema IA encargado de otorgar o denegar una prestación pública en base a unos baremos. Ninguno de estos sistemas modifica la realidad física como podría hacerlo un vehículo autónomo o un robot industrial entrenado para gestionar la distribución de productos en un almacén, sino que se relacionan con el usuario que en ese momento esté interactuando con dicho sistema IA mediante un ordenador, tablet, móvil o cualquier otro dispositivo electrónico.

²⁷ A efectos de la propuesta de Reglamento europeo sobre IA, se entiende por operador "el proveedor, el usuario, el representante autorizado, el importador y el distribuidor" (apartado octavo, artículo 3).

²⁸ COM (2020) 65 final, de 19 de febrero. [Libro Blanco sobre la inteligencia artificial - un enfoque europeo orientado a la excelencia y la confianza](#), pp. 20 (Fecha de último acceso 18-08-2022).

²⁹ [Recomendación sobre la Ética de la Inteligencia Artificial](#), adoptada por la Conferencia General de la UNESCO, reunida en París del 9 al 24 de noviembre de 2021, en su 41ª reunión, pp. 4 y 5 (Fecha de último acceso 18-08-2022).

³⁰ [Recomendación del Consejo sobre Inteligencia Artificial](#), de 22 de mayo de 2019 (Fecha de último acceso 18-08-2022).

³¹ [Experiential Networked Intelligence \(ENI\); Terminology for Main Concepts in ENI](#), junio 2018, pp. 6 (Fecha de último acceso 18-08-2022).

³² [Impact of the Fourth Industrial Revolution on Supply Chains](#), octubre 2017, pp.6 (Fecha de último acceso 18-08-2022).

2.2. Los elementos constitutivos de los sistemas IA: algoritmos y datos

La finalidad de este apartado consistirá en subrayar las líneas básicas de los elementos más fundamentales de toda IA: los algoritmos y los datos. Se intentará aportar una explicación sintética, evitando entrar en un conocimiento profundo sobre ambos conceptos al no ser su análisis técnico el objeto del presente trabajo.

Sin embargo, es necesario aclarar su significado en aras a una mejor comprensión posterior de la huella ambiental producida por los algoritmos y el almacenamiento de datos. Impacto ambiental, que tal y como se analizará, responde fundamentalmente a un consumo de energía eléctrica sin precedentes³³.

Comenzando en primer lugar por los algoritmos³⁴, estos hacen referencia a cualquier procedimiento formalizado en una serie de pasos para solucionar un problema o conseguir un resultado. Como puede deducirse, el término algoritmo no se configura necesariamente como un tecnicismo exclusivo del mundo de las tecnologías de la información y de la comunicación (en adelante, TIC), sino que obedece a toda actividad que exija la consecución de una serie de reglas prefijadas para llegar a un resultado³⁵ (p.ej. son algoritmos, en el sentido de la palabra, una receta de cocina o un manual para saber cómo montar una estantería).

Sin embargo, es cierto que el término algoritmo ha venido asociándose principalmente en el contexto de los programas informáticos de ordenador tradicionales, donde estos ejecutan inconscientemente (porque así ha sido programado) los diferentes pasos (el algoritmo) sobre los que se ha configurado dicho programa.

³³ Por ello, se está intentando buscar alternativas más eficientes con respecto a los algoritmos informáticos tradicionales y los centros de datos donde se almacenan cantidades masivas de datos. Así, los algoritmos verdes y el *edge computing*, están comenzando a atraer la atención de autoridades públicas y empresas.

³⁴ El término "algoritmo" proviene del nombre del matemático Mohammed ibn Musa *Al Juarismi*, histórico matemático, conocido como el padre del álgebra.

³⁵ HUERGO LORA, Alejandro, J. "Una aproximación a los algoritmos desde el derecho administrativo". En HUERGO LORA, Alejandro, J. (Dir.); DÍAZ GONZALEZ, Gustavo, M. (Coord.), *La regulación de los algoritmos*, Thomson Reuters Aranzadi, Cizur Menor, 2020, pp. 23-87.

Este tipo de algoritmos son los conocidos como algoritmos de análisis no predictivo³⁶, es decir, no suponen inteligencia artificial, ya que la característica principal de los programas informáticos tradicionales es su funcionamiento a partir de un conjunto de órdenes que cubren todas las posibles opciones a las que se enfrenta el ordenador. Por tanto, si existe un dato de entrada, el cual no ha sido programado, habrá una parte del programa que le dirá al ordenador: "si hay un fallo, escribe el mensaje: Ha habido un error"³⁷.

Por el contrario, los algoritmos que sí obedecen a una inteligencia artificial son los conocidos como algoritmos predictivos o probabilísticos capaces de ofrecer un resultado u *output* tras haber hallado correlaciones dentro del conjunto de datos con los que han sido entrenados, previo procesamiento de unos datos de entrada llamados *inputs*.

Veamos lo expuesto con el ejemplo de uno de los sistemas IA más avanzados y novedosos de la actualidad. DALL-E 2³⁸ es un sistema IA con la capacidad de crear imágenes originales realistas a partir de las palabras que el usuario envíe al sistema. Por ejemplo, el usuario escribe: "créame imágenes de un león persiguiendo un ciervo en mitad de la ciudad de Detroit" (este sería el *input*), DALL-E 2 procesará dicha orden y correlacionará el *input* dado con la totalidad de imágenes con las que ha sido entrenado, produciendo resultados en forma de imágenes originales (*output*).³⁹

Al margen del significado matemático de los algoritmos informáticos, desde una perspectiva jurídico-administrativa también se está intentado catalogar este elemento integral de los sistemas IA. De este modo, en la doctrina administrativa española existe vigente un candente debate acerca de su naturaleza jurídica, existiendo una línea doctrinal defensora de su carácter

³⁶ Estos son, según Alejandro Huergo, los algoritmos utilizados por las Administraciones Públicas para llevar a cabo actuaciones administrativas automatizadas, previstas en el artículo 22 del Reglamento General de Protección de Datos y en el artículo 41 de la Ley 40/2015, de Régimen Jurídico del Sector Público. HUERGO LORA, Alejandro, J., [Administraciones Públicas e inteligencia artificial: ¿más o menos discrecionalidad?](#), *El Cronista del Estado Social y Democrático de Derecho*, n. 96-97, 2021, pp. 78 a 95 (Fecha de último acceso 22-10-2022).

³⁷ PASCUAL ESTAPÉ, Juan, A., [Inteligencia artificial: qué es, cómo funciona y para qué se utiliza en la actualidad](#), *Computer Hoy*, 3 de septiembre de 2021 (Fecha de último acceso 10/09/2022).

³⁸ Véase el proyecto en [DALL-E 2](#). (Fecha de último acceso 19-09-2022).

³⁹ De la misma manera funciona el sistema de procesamiento del lenguaje natural más avanzado del momento, [GPT-3](#), el cual es capaz de entender el texto que le introduce el usuario, así como de contestar al usuario de una manera natural, simulando la conversación que perfectamente pudieran llegar a tener dos seres humanos.

reglamentario⁴⁰, y otra, que en oposición a esta primera, aboga por su enmarcación como instrumento aplicativo del Derecho, pero no su consideración como norma que innove el ordenamiento jurídico⁴¹.

En relación con los datos, como segundo elemento pilar de los sistemas IA, debe subrayarse que se erigen como la materia prima de estos últimos⁴². De este modo, siguiendo la comparativa antropocentrista iniciada por John McCarthy, cabría afirmar que una IA necesita de datos como un ser humano necesita de educación, libros y experiencia para así poder ser eficaz y eficiente en la ejecución de su labor profesional.

Dos son las funciones principales que motivan la trascendencia de la relación datos-IA, bajo el pleno respeto de la normativa de protección de datos personales⁴³ y de libre circulación de datos no personales⁴⁴. La primera de ellas es la utilización de los datos como instrumento de entrenamiento de los sistemas IA, para lo cual se necesitan de grandes repositorios de datos (bases de datos)⁴⁵. En segundo lugar, los datos funcionan como *input* para los sistemas IA, ya sea como datos de entrada introducidos por el ser humano⁴⁶, o como datos captados por los sensores de los sistemas IA⁴⁷.

Ocurre que para poder ejecutar de manera óptima la primera de las funciones (entrenamiento de sistemas IA) se necesitan a veces conjuntos masivos de datos (*big data*)⁴⁸. Sin embargo, en diversos sectores donde existen cantidades

⁴⁰ BOIX PALOP, Andrés, [Los algoritmos son reglamentos](#), en *Revista de Derecho Público: teoría y método*, n.1, 2020, pp. 223-269 (Fecha de último acceso 19-09-2022).

⁴¹ HUERGO LORA, Alejandro, J. "Una aproximación a los algoritmos desde el derecho administrativo". En HUERGO LORA, Alejandro, J. (Dir.); DÍAZ GONZALEZ, Gustavo, M. (Coord.), *La regulación de los algoritmos*, Thomson Reuters Aranzadi, Cizur Menor, 2020, pp. 23-87.

⁴² [Plan coordinado sobre la inteligencia artificial](#), COM (2018) 795 final, de 7 de diciembre, pp. 2; [Estrategia europea de inteligencia artificial](#), COM (2018) 237 final, de 25 de abril, pp.2 (Fecha de último acceso 20-09-2022).

⁴³ Reglamento (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016 y su correlativa Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre. En materia penal, la Directiva (UE) 2016/680, de 27 de abril, transpuesta por la Ley Orgánica 7/2021, de 26 de mayo.

⁴⁴ Reglamento (UE) 2018/1807, de 14 de noviembre.

⁴⁵ [Estrategia Europea de Datos](#), COM (2020), 66 final, de 19 de febrero, pp. 6 y 16 (Fecha de último acceso 21-09-2022).

⁴⁶ Así por ejemplo funcionan los *chatbots* o cualquier otro sistema de procesamiento del lenguaje natural (PLN).

⁴⁷ A forma de ejemplo, "Clearbot Neo" desarrollado por *Open Ocean Engineering*, es capaz de localizar y recolectar de manera autónoma hasta una tonelada métrica de plástico y quince litros de líquidos contaminantes al día.

⁴⁸ Sobre todo, para el entrenamiento de algoritmos de *machine learning* y en especial los de *deep learning*.

inmensas de datos, los mismos no se encuentran disponibles para el desarrollo de la IA. Por ello, desde la UE se quiere apostar por la creación de nuevos espacios comunes europeos de datos con el objetivo final de constituir un auténtico mercado único de datos⁴⁹.

Uno de esos nueve espacios es precisamente el espacio común europeo de datos relativos al Pacto Verde Europeo, con el que se pretende impulsar la iniciativa *GreenData4all*, poner en marcha los "pasaportes digitales de productos", implementar la iniciativa *Destination Earth* y aprovechar al máximo de lo posible los datos ambientales obtenidos de los satélites *Sentinel* al amparo del programa *Copernicus*.

Para finalizar, es pertinente destacar el aumento exponencial de datos experimentado en la actualidad, duplicándose su volumen cada 18 meses⁵⁰ y previéndose un aumento en la cantidad de datos almacenados en todo el mundo, de 33 *zettabytes* que había en 2018, a 175 *zettabytes* en 2025⁵¹. Tal fenómeno supondrá un mayor tratamiento, análisis y almacenamiento de datos. Tareas, que en la actualidad se llevan a cabo mayoritariamente en los conocidos como "centros de datos" acarreado un consumo de energía desorbitado, tal y como se estudiará a continuación.

3. LA PELIGROSIDAD DE LOS SISTEMAS IA PARA EL MEDIO AMBIENTE

3.1. Introducción

Una vez analizadas las características más fundamentales de la IA, es momento de estudiar su impacto ambiental, resultando crucial conocer cuáles son los problemas que están comenzando a surgir en este campo, para posteriormente ponderar cómo debería reaccionar el Derecho.

Conviene advertir la dificultad existente en la actualidad para determinar la huella ambiental global de la IA. La falta de un límite clarividente acerca de qué es la IA, así como la inexistencia de datos y metodologías efectivas, hacen que sea muy complicado realizar una aproximación objetiva en términos de su

⁴⁹ [Estrategia Europea de Datos](#), COM (2020) 66 final, de 19 febrero, pp. 7, 26 a 27, 31 y ss. (Fecha de último acceso 21-09-2022).

⁵⁰ Considerando (A), [Resolución del Parlamento Europeo, de 25 de marzo de 2021, sobre una Estrategia Europea de Datos](#) (Fecha de último acceso 23-09-2022).

⁵¹ IDC, [The Digitization of the World from Edge to Core \(seagate.com\)](#), noviembre 2018 (Fecha de último acceso 23-09-2022).

consumo energético y emisiones de CO₂⁵² Por ello, como se verá, la evaluación de cada sistema IA individualmente considerado, supone la única alternativa certera para poder conocer la dimensión ambiental de este nuevo fenómeno.

No obstante, sí es factible conocer, en su conjunto, el impacto ambiental de las TIC donde se incluyen los sistemas IA. Así pues, las TIC representan aproximadamente entre el 5-9% del consumo total de electricidad en el mundo, previéndose que pudiera llegar al 20% en 2030⁵³. En términos de emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera, el sector de las TIC supuso en 2020 a cerca de 700 toneladas de CO₂ equivalente, lo cual representó en torno al 1,4% de las emisiones de CO₂ en el mundo⁵⁴.

En este contexto, es diversa la literatura científica sobre la triple categoría de consecuencias ambientales derivadas de las TIC⁵⁵, que ahora sirve para ilustrar los diferentes tipos de efectos que pueden tener los sistemas IA. Se distingue entre efectos directos, efectos indirectos y efectos sistemáticos o estructurales.

Mientras que los efectos indirectos y sistemáticos vienen referidos a los impactos ambientales (positivos o negativos) producidos por los sistemas IA en el medio en que operan, los efectos directos vienen asociados al perjuicio ambiental ocasionado por el desarrollo y funcionamiento del propio sistema IA, con independencia de la finalidad para la que dicho modelo se diseñó (p.ej., la energía eléctrica necesaria para entrenar los algoritmos de *deep learning*).

En este trabajo se someterá a estudio los efectos directos de los sistemas IA, al ser los que mayor enjundia jurídica generan y sobre los que mayor inmediatez existe para su regulación a la luz del marco legislativo sobre transición y eficiencia energética. Se analizarán bajo una triple perspectiva consistente en el impacto ambiental derivado del desarrollo y entrenamiento de los algoritmos, del uso del sistema IA una vez entrenado, así como del consumo energético de las infraestructuras de datos.

⁵² KAACK, Lynn, et al., [Aligning artificial intelligence with climate change mitigation](#). *Nature Climate Change*, n. 12, junio 2022, pp. 518–527 (Fecha de último acceso 29-09-2022).

⁵³ European Parliament, Directorate-General for Internal Policies of the Union, HEROLD, Anke; GAILHOFER, Peter; URRUTIA, Cristina, [The role of artificial intelligence in the European Green Deal](#), European Parliament, 2021, pp. 31 (Fecha de último acceso 29-09-2022).

⁵⁴ International Telecommunication Union, [Greenhouse gas emissions trajectories for the information and communication technology sector compatible with the UNFCCC Paris Agreement](#). ITU-T, 2020 (Fecha de último acceso 12-09-2022).

⁵⁵ LIU, Ran, et al., [Impacts of the digital transformation on the environment and sustainability](#), *Öko-Institut*, diciembre 2019 (Fecha de último acceso 28-09-2022).

3.2. Desarrollo y entrenamiento de los sistemas IA

Primeramente, es necesario observar la sutil diferencia existente entre la fase de desarrollo y la de entrenamiento de un sistema IA⁵⁶. En cierta manera, la doctrina científica entiende que la etapa de desarrollo constituye un paso previo a la de entrenamiento. Responde pues, a la búsqueda del concreto modelo IA que posteriormente se entrenará (probando y entrenando para ello diferentes modelos), abordando también tal proceso, la selección del algoritmo apropiado en atención a la tarea para la que el sistema IA necesita ser creado⁵⁷.

Dichas peculiaridades de la fase de desarrollo son las que precisamente hacen que este periodo sea el que más consumo de energía produzca, por encima de la fase de entrenamiento y de la de uso del sistema IA⁵⁸. Ahora bien, la etapa de entrenamiento no deja de ser un momento de alto gasto energético⁵⁹, el cual se acrecienta cuando se trata de entrenar algoritmos de *machine learning*⁶⁰.

Así pues, sistemas IA basados en tecnología de *machine learning*, como los modelos de reconocimiento facial y los de procesamiento del lenguaje natural (PLN), necesitan ser entrenados con millones de parámetros y grandes conjuntos de datos pudiendo llegar a durar el proceso varios meses⁶¹.

A título de ejemplo, la huella de carbono derivada del entrenamiento de un modelo grande de PLN (cuya expansión aumenta día a día en forma de *chatbots*, asistentes virtuales, *Siri*, traductores de idiomas, o hasta el mecanismo de *spam* de los correos electrónicos) basado en *deep learning* fue cuantificada por un grupo de expertos de la Universidad de Massachusetts en 626,155 *pounds* (284,02 toneladas de CO₂ equivalente)⁶². Es decir, equiparable, tal y como se refleja en el estudio, a la contaminación de cinco coches prototipo durante toda su vida útil, o a 125 viajes de ida y vuelta entre Nueva York y Beijing⁶³.

⁵⁶ KAACK, Lynn, et al., *Aligning artificial intelligence with...*, op.cit., pp. 518-527.

⁵⁷ Data Science Central, [A Step By Step Guide To AI Model Development - DataScienceCentral.com](https://www.data-science-central.com/ai-model-development), septiembre 2021 (Fecha de último acceso 02/10/2022).

⁵⁸ KAACK, Lynn, et al., *Aligning artificial intelligence with...*, op.cit., pp. 518-527.

⁵⁹ LUCCIONI, Alexandra; LACOSTE, Alexandre; SCHMIDT, Victor, *Estimating Carbon Emissions of Artificial Intelligence*, en *IEEE Technology and Society Magazine*, vol. 39, n. 2, Junio 2020, pp. 48-51.

⁶⁰ GARCÍA-MARTÍN, Eva, et al., [Estimation of energy consumption in machine learning](https://doi.org/10.1109/JDCC.2019.2924444). *Journal of Parallel and Distributed Computing*, Vol. 134, diciembre 2019, pp. 75-88 (Fecha de último acceso 30-08-2022).

⁶¹ LUCCIONI, Alexandra; LACOSTE, Alexandre; SCHMIDT, Victor, *Estimating Carbon Emissions of Artificial Intelligence*, en *IEEE Technology...*, op.cit., pp. 48-51.

⁶² STRUBELL, Emma; GANESH, Ananya; MCCALLUM, Andrew, [Energy and policy considerations for deep learning in NLP](https://arxiv.org/abs/1906.09667), *College of Information and Computer Sciences University of Massachusetts Amherst*, junio 2019, pp.1 (Fecha de último acceso 30-08-2022).

⁶³ DHAR, Payal., *The carbon impact of artificial intelligence*. *Nature Machine Intelligence*, n. 2, 2020, pp. 423-425.

Mención especial merece el nuevo modelo revolucionario de PLN, denominado GPT-3, algoritmo de *deep learning* con 96 capas y 175 mil millones de parámetros⁶⁴, el cual ha sido sometido a un minucioso estudio sobre su impacto ambiental por el Departamento de ciencias de la computación de la Universidad de Copenhague. En el mismo se concluye que en una sola sesión de entrenamiento del modelo GPT-3 se emite una cantidad de CO₂ equivalente a 703.808,01 km recorridos en coche utilizando la media de emisiones de CO₂ de un coche de nueva matriculación en la Unión Europea en 2018⁶⁵.

A pesar de las impactantes cifras expuestas, investigadores expertos en materia de IA consideran que los modelos de PLN no suponen una huella ambiental tan significativa como denuncian los investigadores de la Universidad de Masschusetts. Así, a modo de ejemplo, el Catedrático Jordi Torres considera que “una vez entrenados, estos modelos resultan muy baratos energéticamente, porque una vez están preparados son muy eficientes: se pueden usar de manera pública (caso de los traductores automáticos) y también se pueden reutilizar para mejorar los productos resultantes”⁶⁶. Como se verá a continuación, tal afirmación no parece extrapolable a otras manifestaciones de IA, como, por ejemplo, los vehículos autónomos, los cuales siguen requiriendo mucha energía para su uso.

3.3. El uso de los sistemas IA

Cuando se habla de “uso de un sistema IA”, se está haciendo referencia a la fase en la que el modelo IA capta (o le son introducidos) mediante sus sensores, datos del exterior, los convierte en información al comparar dichos *inputs* con aquellos otros datos con los que ha sido entrenado, y finalmente, previo procesamiento de dicha información extraída de los datos de entrada, llega a una decisión en forma de predicciones o resultados⁶⁷.

Durante tal procedimiento, resultan necesarias cantidades ingentes de energía para procesar los datos de entrada, convertirlos en información entendible por el modelo de procesamiento y finalmente emitir un *output*. Según Luccioni y

⁶⁴ BROWN, Tom, et al., [Language models are few-shot learners](#), *NIPS'20: Proceedings of the 34th International Conference on Neural Information Processing Systems*, n. 159, diciembre 2020, pp. 1877–1901 (Fecha de último acceso 09-09-2022).

⁶⁵ WOLFF ANTHONY, Lasee. F.; KANDING, Benjamin; SELVAN, Raghavendra, [Carbontracker: Tracking and Predicting the Carbon Footprint of Training Deep Learning Models](#), *Department of Computer Science, University of Copenhagen*, julio 2020, pp. 10 (Fecha de último acceso 13-09-2022).

⁶⁶ Entrevista completa al Catedrático Jordi Torres en la Vanguardia: [La inteligencia artificial tiene un impacto ambiental mucho mayor del que se creía \(lavanguardia.com\)](#) (Fecha de último acceso 12-10-2022).

⁶⁷ European Commission & High-Level Expert Group on Artificial Intelligence, [A definition of AI: main capabilities and disciplines](#), abril 2019, pp. 3 (Fecha de último acceso 23-09-2022).

otros⁶⁸, la potencia de cálculo necesaria para la consecución de los resultados más precisos posibles por parte de los modelos de *machine learning* se ha duplicado cada tres meses aproximadamente, aumentando 300.000 veces entre 2012 y 2018.

El problema que genera esta situación parece no tener parangón, ya que la mayoría de los investigadores actuales sobre *machine learning* continúan concentrando sus esfuerzos en la mejora de la precisión de estos sistemas IA, en vez de intentar contemplar en la ecuación tecnológica la variante ambiental⁶⁹.

Un ejemplo muy ilustrativo del porqué se debería impulsar el uso eficiente de estos modelos tiene como objeto la comparativa en la relación precisión-consumo de los modelos ResNet-50 y su versión actualizada, ResNet-152, famosos sistemas de *deep learning* que tienen como función la clasificación de imágenes en diferentes categorías. Ocurre que mientras ResNet-50 posee una tasa de error del 24,6% utilizando 4 billones de FLOPs⁷⁰, ResNet-152, mejora la exactitud del modelo, arrojando una tasa de error del 23,0%, pero necesitando para ello 11 billones de FLOPs (a mayor uso de FLOPs, mayor consumo de energía)⁷¹. De esta correlación, surge la siguiente pregunta: ¿merece la pena casi triplicar la cantidad de FLOPs, con el consumo que ello conlleva, para reducir la tasa de error en un 1,6%? Parece ser que, en este caso, los costes medioambientales pesan más que el posible beneficio derivado del avance tecnológico. Así, vuelve a aparecer en escena uno de los aspectos troncales del Derecho ambiental moderno: la búsqueda del equilibrio entre la protección del medio ambiente y el desarrollo tecnológico.

Otro ejemplo que compromete el deseado "justo término medio" es el relacionado con los vehículos autónomos que tanta atracción están causando en la actualidad. Pues bien, existen estudios que alertan del considerable consumo energético derivado del funcionamiento de los sistemas IA integrados en los vehículos autónomos, estimándose que 1,7 millones de coches autónomos (el 0,2% de la totalidad de coches) podrían llegar a generar el mismo volumen de datos que el actual tráfico mundial de internet, previéndose que cada coche automatizado generará unos 4.000 gigabytes de datos al día⁷². No es de más recordar que la generación de datos, su almacenamiento, así como su tratamiento y procesamiento suponen operaciones de alto consumo energético, como se verá en el próximo punto.

⁶⁸ LUCCIONI, Alexandra; LACOSTE, Alexandre; SCHMIDT, Victor, Estimating Carbon Emissions of Artificial Intelligence, en *IEEE Technology...*, op.cit., pp. 48-51.

⁶⁹ SCHWARTZ, Roy, et al., [Green AI](#), *Communications of the ACM*, diciembre 2020, vol. 63, n. 12, pp. 54-63 (Fecha de último acceso 03-09-2022).

⁷⁰ Los llamados FLOPs (floating point operations) responden al número de sumas y multiplicaciones de valores escalares necesarias para obtener un resultado.

⁷¹ KAACK, Lynn, et al., *Aligning artificial intelligence with...*, op.cit., pp. 518-527.

⁷² European Parliament, Directorate-General for Internal Policies of the Union, HEROLD, Anke; GAILHOFER, Peter; URRUTIA, Cristina, *The role of...*, op. cit., pp. 25.

Sin perjuicio de este consumo energético intrínseco al funcionamiento de un vehículo autónomo, es importante señalar que, en este punto, sí está existiendo una reacción por parte de los legisladores de los Estados miembros. Así, por ejemplo, en el Anteproyecto de Ley de Movilidad Sostenible, se desplazan a los vehículos privados (fundamentalmente, coches) al último peldaño de jerarquía en cuanto a medios de movilidad en el ámbito urbano se refiere⁷³, significando tal decisión normativa, un fomento decidido de los demás medios alternativos de transporte, y por ende un diseño de las ciudades del futuro acorde a un mayor uso de las bicicletas o del transporte público colectivo.

3.4. Infraestructuras de datos: los centros de datos y las redes de transmisión

“La futura contribución de la IA a las emisiones de dióxido de carbono dependerá de la eficiencia energética de los centros de datos y su funcionamiento con energías renovables”⁷⁴. Esa es la trascendencia que desde la Unión Europea se atribuye a la necesaria revolución verde en el campo de las infraestructuras de datos. El exponencial aumento en el tráfico y en la cantidad de datos almacenados en todo el mundo (de 33 zettabytes que había en 2018, a 175 zettabytes en 2025)⁷⁵ ha despertado la preocupación acerca del consumo energético de los centros de datos y las redes de transmisión, elementos coadyuvantes para el eficaz funcionamiento de todo sistema IA.

Ambas infraestructuras de datos, donde tienen lugar el almacenamiento, gestión y distribución de datos, suponen un coste ambiental considerable, siendo las causas principales de ello, los terrenos necesarios para construir los centros de datos, los materiales utilizados para la construcción del *hardware* de estos centros (equipamiento electrónico, ordenadores, etc.) y los sistemas de refrigeración de los servidores, siendo estos últimos junto a las funciones propias de los *data center* y las redes de transmisión, los más importantes factores del alto consumo energético de estas infraestructuras⁷⁶.

⁷³ *Vid.* art. 28 Anteproyecto de Ley de Movilidad Sostenible.

⁷⁴ European Parliament, Directorate-General for Internal Policies of the Union, HEROLD, Anke; GAILHOFER, Peter; URRUTIA, Cristina, *The role of...*, op. cit., pp. 10.

⁷⁵ *Estrategia Europea de Datos*, COM (2020), 66 final, de 19 de febrero, pp.2 (Fecha de último acceso 21-09-2022).

⁷⁶ European Parliament, AIDA, *Working paper on Artificial Intelligence and the Green Deal, following the AIDA public hearing*, marzo 2021, pp. 5 (Fecha de último acceso 23-09-2022).

Traducido lo anterior a estadística, destacan los 200TWh (teravatio-hora) de demanda de energía eléctrica por parte de todos los centros de datos del mundo durante 2019, resultando ser el 0,8% de la energía eléctrica global consumida⁷⁷. Según la Agencia Internacional de Energía, el uso de energía por parte de los grandes centros de datos ha ido creciendo en un 20% anual, estimándose que la tendencia continúe⁷⁸. La cifra que confirma este crecimiento exponencial, son los 366 TWh que se prevén para el año 2030⁷⁹. Por otra parte, en la UE, el consumo energético de los centros de datos ha ido aumentando progresivamente en las últimas dos décadas, llegando a 104 TWh en 2020⁸⁰.

Con relación a la energía eléctrica consumida por las redes de transmisión de datos, la Agencia Internacional de energía reportó un total de 250 TWh en el año 2019, aunque otros organismos como la Unión Internacional de Telecomunicaciones evaluaron en 276 TWh tal consumo. Al mismo tiempo, este último, proyecta un aumento del consumo energético de las redes de datos, de 300 TWh para el año 2030.

Como puede deducirse del conjunto de cifras anteriores, aunque cada vez estas infraestructuras procuran ser más eficientes, (como consecuencia de mecanismos de autorregulación interna de algunas empresas), el incremento continuo del volumen de datos en tráfico, y, por ende, de almacenamiento de datos, ensombrece, por el momento, cualquier política de eficiencia energética en este campo.

Así, es cierto que existe una cierta sensibilidad ambiental por parte de algunas grandes multinacionales, materializándose dicha concienciación, por ejemplo, en la construcción de grandes centros de datos (centros de datos "hiperescala"), en sustitución de *data centers* más pequeños, siendo estos últimos los de mayor consumo⁸¹. También cabe remarcar la contratación de energías renovables para su utilización por parte de los grandes centros de datos, aunque como se encarga de matizar la Agencia Internacional de la Energía, ello no garantiza que toda su actividad se aborde con energías limpias⁸².

⁷⁷ International Energy Agency (IEA), *Data Centres and Data Transmission Networks, Tracking report*, noviembre 2021. [Data Centres and Data Transmission Networks – Analysis - IEA](#) (Fecha de último acceso 11-09-2022).

⁷⁸ *Ibid*

⁷⁹ ANDRAE, Anders, S.G., New perspectives on internet electricity use in 2030, *Engineering and Applied Science Letters*, vol. 3, n. 2, 2020, pp. 19-31.

⁸⁰ Joint Research Centre (JRC), [The European Code of Conduct for Energy Efficiency in Data Centres](#), 2019 (Fecha de último acceso 29-08-2022).

⁸¹ European Parliament, Directorate-General for Internal Policies of the Union, HEROLD, Anke; GAILHOFER, Peter; URRUTIA, Cristina, *The role of...*, op. cit., pp. 32; International Energy Agency (IEA), *Digitalization & Energy. Technical report*, OECD/IEA, Paris, noviembre 2017.

⁸² International Energy Agency (IEA), *Data Centres and Data Transmission...*, op. cit.

No obstante, como se ha comentado, estos acercamientos a la necesaria revolución verde dentro de las TIC (y en concreto de la IA) no resultan suficientes, ya que se está dejando en manos del sector privado el forjamiento del régimen ambiental de estas tecnologías, emergiendo una suerte de autorregulación que por su propia naturaleza no proporciona la protección necesaria para el medio ambiente. Resulta por ello imprescindible, la adopción por parte de las autoridades europeas de una regulación lo suficientemente flexible para adaptarse a los cambios tecnológicos, pero a la vez, lo bastante sólida para garantizar la seguridad jurídica entre los operadores relacionados con la IA. Con todo, en el próximo Título del trabajo se profundizará acerca de esta cuestión normativa decisiva para hacer frente a los fallos de mercado de índole ambiental generados por la IA.

4. HACIA UNA POSITIVIZACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LA IA: PRIMEROS DOCUMENTOS DE PROGRAMACIÓN Y PLANIFICACIÓN

4.1. Introducción

Desde principios de 2018, con la aprobación por la Comisión Europea de la Comunicación *Inteligencia Artificial para Europa*⁸³ (estrategia europea sobre IA), la Unión Europea ha venido trabajando intensamente en esta materia, teniendo como colofón la aprobación de una propuesta de Reglamento sobre IA⁸⁴ que pretende convertirse en la primera normativa vinculante en esta materia.

No obstante el esfuerzo por parte de la Unión Europea por legislar esta controvertida tecnología, una crítica deberá hacerse en lo relativo al binomio IA-medio ambiente. Pues, a pesar de preverse la importancia de esta relación en las diversas comunicaciones predecesoras de la futura normativa, en la propuesta de Reglamento sobre IA no se abordan los perjuicios ambientales consecuencia del desarrollo e implementación de la IA, llegando a dejar fuera de los factores por los que se considera una IA de alto riesgo, la variante ambiental. Por el contrario, ha sido la perspectiva ética y antropocéntrica de la IA la que ha monopolizado la propuesta de Reglamento, el cual focaliza su articulado en función del riesgo que los sistemas IA suponen para la persona, en lo que ha venido a ser una juridificación de los valores éticos centrados en el ser humano. En el tercer punto de este bloque, se profundizará sobre estos aspectos.

⁸³ COM (2018) 237 final, de 25 de abril.

⁸⁴ COM (2021) 206 final, de 21 de abril.

Al margen del emprendimiento normativo de la Unión Europea, otros agentes internacionales también han aceptado el reto de proponer elementos a considerar en un futuro marco legislativo sobre IA. Ejemplo de ello es la UNESCO, que como se verá, destaca en el panorama internacional por ser de las pocas organizaciones que al reflexionar sobre las repercusiones ambientales de la IA no lo ha hecho vagamente.

Finalmente, deberá hacerse referencia al trabajo que desde el Gobierno de España (en concreto, desde la Secretaría de Estado de Digitalización e Inteligencia Artificial) se ha venido realizando fundamentalmente en los dos últimos años. La Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial y el recientemente aprobado, Programa Nacional de Algoritmos Verdes, son algunos de los instrumentos programáticos más relevantes en este sentido.

4.2. Panorama internacional

4.2.1. Recomendación de la UNESCO sobre la Ética de la Inteligencia Artificial⁸⁵

a) Una IA verde como recomendación.

Sin perjuicio de su carácter no vinculante, la Recomendación de la UNESCO sobre la ética de la IA ha tenido un gran impacto como marco de referencia en la regulación de la IA. Son diversos los documentos de planificación y programación de la UE, así como informes de sus organismos independientes, los que mencionan a esta Recomendación considerando que integra las líneas de actuación a seguir en la positivización futura de la IA.

En cuanto al medio ambiente se refiere, son muy interesantes los pronunciamientos realizados en el texto. Primeramente, se realizan referencias de carácter más generalista, contemplando la IA como potencial factor contaminante y como fenómeno sobre el que prevenir posibles daños ambientales. Seguidamente, no obstante, de una manera más concreta, reflexiona acerca de los principios ambientales de prevención y precaución.

En el punto 18 de la Recomendación se comienza defendiendo la necesaria mitigación del "impacto ambiental de los sistemas de IA, en particular, aunque no exclusivamente, su huella de carbono, para asegurar la minimización del cambio climático y los factores de riesgo ambiental, y prevenir la explotación, la utilización y la transformación no sostenibles de los recursos naturales que contribuyen al deterioro del medio ambiente y a la degradación de los

⁸⁵ Recomendación adoptada por la Conferencia General de la UNESCO reunida en París del 9 al 24 de noviembre de 2021, en su 41ª reunión.

ecosistemas”. Puntualizando que si tales riesgos son inevitables en atención a la naturaleza de los sistemas IA, deberá “garantizarse la aplicación de procedimientos de evaluación de riesgos y la adopción de medidas para impedir que ese daño se produzca” (punto 25).

b) El principio de prevención en la Recomendación de la UNESCO.

De manera más específica, los apartados 84 y 86 centran su atención en dos de los principios más capitales del Derecho ambiental: el de prevención y precaución, ambos juridificados en numerosas normas ambientales, encontrando su marco general en el artículo 191.2 TFUE. La relevancia de esta cuestión reside en que el Derecho ambiental nace, según lo prueban sus documentos fundacionales, por y con, la exposición de sus principios rectores, confirmando lo manifestado por García De Enterría años antes del origen del Derecho ambiental moderno (Declaración de Estocolmo de 1972)⁸⁶, declarando que los principios son “los órganos respiratorios del Derecho”⁸⁷.

El numeral 84 dice así: “Los Estados Miembros y las empresas deberían evaluar el impacto ambiental directo e indirecto de los sistemas de IA a lo largo de su ciclo de vida, en particular, aunque no exclusivamente, su huella de carbono, su consumo de energía y el impacto ambiental de la extracción de las materias primas necesarias para la fabricación de tecnologías de la IA, y reducir el impacto ambiental de los sistemas de IA y las infraestructuras de datos”.

Sin perjuicio del guiño realizado a la autorregulación del sector privado “las empresas deberían evaluar [...]”, cabe destacar la propuesta lanzada a las autoridades públicas de los Estados de evaluar el impacto ambiental de cada sistema IA, matizando que dicha evaluación debería recaer ya no sólo sobre sus efectos directos (desarrollo, entrenamiento y uso de los sistemas IA), sino también sobre los indirectos (derivados del despliegue de los sistemas IA en un concreto sector económico).

Además, enumera los elementos sobre los que debería realizarse tal control, siendo los mismos, la huella de carbono (el CO₂ emitido a la atmósfera a consecuencia del entrenamiento y uso de los sistemas IA), el consumo energético (de energía eléctrica) y la evaluación del impacto ambiental derivado de la extracción de materias primas para la fabricación de las tecnologías de IA. Es importante puntualizar que este último factor no se refiere tanto a los sistemas IA en sí (los cuales son un *software*), sino al *hardware* necesario para

⁸⁶ LOZANO CUTANDA, Blanca. “Compromisos internacionales ambientales”. En LÓPEZ RAMÓN, Fernando (Coord.), *Observatorio de Políticas Ambientales 1978-2006*, Aranzadi, 1ª edición, Cizur Menor, 2006, pp. 49.

⁸⁷ GARCÍA DE ENTERRÍA, Eduardo, Reflexiones sobre la Ley y los principios generales del Derecho en el Derecho administrativo, en *Revista de administración pública*, n. 40, 1963, pp. 194 y 195.

poder entrenar y poner en práctica esta tecnología. Las materias primas destacadas en este sentido son principalmente los metales cobalto, paladio, tantalio, plata, oro, indio, cobre, litio y aluminio⁸⁸.

Insistiendo acerca de esta idea, debe subrayarse que la evaluación de impacto ambiental en sí misma considerada viene asociándose tradicionalmente a la evaluación regulada por la Directiva 2011/92/UE, de 13 de diciembre, cuya transposición en el ordenamiento jurídico español se realizó por medio de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre. Es decir, una evaluación de impacto directamente relacionada con la evaluación de proyectos, entendiendo por proyecto: "cualquier actuación prevista que consista en la ejecución, explotación, desmantelamiento o demolición de una obra, una construcción, o instalación, o bien, así como cualquier intervención en el medio natural o en el paisaje, incluidas las destinadas a la explotación o al aprovechamiento de los recursos naturales o del suelo y del subsuelo, así como de las aguas continentales o marinas"⁸⁹.

Sin embargo, el concepto de evaluación de impacto ambiental es mucho más amplio que el apropiado por las normas citadas en el párrafo anterior. Es más, el principio 17 de la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo de 1992, donde se reconoce por primera vez esta figura, establece un significado mucho más abierto de la evaluación de impacto ambiental, englobando a "cualquier actividad propuesta que probablemente haya de producir un impacto negativo considerable en el medio ambiente".

Por ello, la posibilidad de someter a evaluación de impacto ambiental a los sistemas IA a efectos de dirimir la inocuidad de su introducción en el mercado sobre el medio ambiente, sería un potencial instrumento de control, que desde luego, cumpliría con el principio de proporcionalidad, en vistas de la repercusión, que hemos analizado, puede llegar a tener el entrenamiento y uso de sistemas IA no homologados desde el punto de vista ambiental.

Exigiendo tal evaluación como requisito legal *sine qua non* previa la entrada de los sistemas IA en el libre mercado de bienes y servicios, se estaría positivizando el mencionado principio de prevención para este supuesto⁹⁰. La aplicación de este principio ambiental a los sistemas IA devendría clave para la consecución

⁸⁸ European Parliament, Directorate-General for Internal Policies of the Union, HEROLD, Anke; GAILHOFER, Peter; URRUTIA, Cristina, *The role of...*, op. cit., pp. 33.

⁸⁹ Art. 5.3. b) de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.

⁹⁰ La evaluación de impacto ambiental constituye el instrumento legal de aplicación por excelencia, del principio de prevención. CAFFERATTA, Néstor, A., El ascenso de los principios del derecho ambiental, en *Revista de Derecho Ambiental*, n. 55, julio-septiembre 2018, pp. 36.

del acompasamiento entre la transición tecnológica y verde⁹¹ que desde la UE tanto viene promocionándose, ya que la trascendencia del principio de prevención reside precisamente en evitar el alto potencial de irreparabilidad de algunos daños ambientales⁹², los cuales deben preverse mediante la evaluación de impacto y evitarse con la ejecución de alternativas a la propuesta inicial.

c) El principio de precaución en la Recomendación de la UNESCO.

Resulta de gran interés el numeral 86 del texto, relativo al principio de precaución (también conocido como precautorio o de cautela) como segundo criterio hermenéutico pilar del Derecho ambiental. Dice así: “[...] Deberían establecerse requisitos destinados a garantizar que se disponga de pruebas adecuadas para demostrar que una aplicación de IA tendrá el efecto deseado, o que dicha aplicación cuenta con garantías que permitan justificar su utilización. Si esto no es posible, deberá privilegiarse el principio de precaución y, en los casos en que haya impactos negativos desproporcionados en el medio ambiente, no debería utilizarse la IA”.

De alguna manera, podría afirmarse que el principio de precaución viene a reforzar la finalidad del de prevención, ya que no es necesario si acaso el conocimiento del concreto riesgo para que las autoridades públicas puedan tomar medidas legales o de otra naturaleza⁹³.

Esta nota puede alcanzar especial importancia en el campo de la IA, ya que en ocasiones dependiendo del modelo a implementar y de la manera en que haya sido entrenado (sin seguir un registro o inventario, por ejemplo), puede no conocerse el verdadero impacto ambiental que está suponiendo el sistema⁹⁴. Exigencias de registro y obligaciones de documentación sobre el gasto energético (así como de emisiones de CO₂) producido tanto durante el entrenamiento de los algoritmos como durante el uso de la IA, podrían ser medidas adecuadas para evitar eventuales escenarios de opacidad.

⁹¹ Una de las más recientes muestras de ello es la COM (2022) 289 final de la Comisión, de 29 de junio, *Hermanamiento de las transiciones ecológica y digital en el nuevo contexto geopolítico*.

⁹² ORTEGA ÁLVAREZ, Luis, I., “Concepto de medio ambiente”. En ORTEGA ÁLVAREZ, Luis, I. (dir.); ALONSO GARCÍA, Consuelo. (coord.); DE VICENTE MARTÍNEZ, Rosario., *Tratado de derecho ambiental*, Tirant lo Blanch, 1ª edición, Valencia, 2013, pp. 40.

⁹³ Véase en este sentido la cláusula 15ª de la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo de 1992, en donde por vez primera se recoge la dimensión ambiental del principio de precaución.

⁹⁴ European Parliament, Directorate-General for Internal Policies of the Union, HEROLD, Anke; GAILHOFER, Peter; URRUTIA, Cristina, *The role of...*, op. cit., pp. 37; KAACK, Lynn, et al., *Aligning artificial intelligence with...*, op.cit., pp. 518-527.

4.2.2. Otras iniciativas internacionales

Son muchas las organizaciones e instituciones de ámbito internacional que han decidido realizar estudios, informes y recomendaciones sobre la vertiente ético-jurídica de la IA (UNESCO, OCDE, ISO e IEC, ETSI, WEF, etc.). En cambio, sólo unas pocas han invertido su esfuerzo en analizar la inferencia ambiental que supone el desarrollo e implementación de esta nueva tecnología.

Más allá de la UNESCO como organismo especializado de las Naciones Unidas en este campo, no existe en la actualidad otro ente internacional que haya profundizado en la relación IA-medio ambiente. No obstante, sí cabe hacer mención de organizaciones o grupos que han previsto, aunque sea mínimamente, el reto ambiental planteado por la IA.

En concordancia con lo anterior, debe mencionarse a la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), en cuya *Recomendación del consejo sobre Inteligencia Artificial*⁹⁵, adoptada el 22 de mayo de 2019, subraya la importancia de llevar a cabo una administración responsable de la IA en aras a proteger los espacios naturales, consiguiendo reforzar así uno de los tres vectores del desarrollo sostenible.

Otras organizaciones como el *World Economic Forum* (WEF) han publicado estudios de alto interés sobre la proyección ambiental de la IA⁹⁶, pero desde la perspectiva consistente en cómo la IA puede ayudar a la consecución de los objetivos medioambientales, no abordando por tanto, la variante sometida a estudio en el presente trabajo, es decir, la referida al impacto ambiental de los sistemas IA en sí mismos considerados. En este mismo sentido cabe aludir a la *International Electrotechnical Commission* (IEC), organización de normalización que también ha contribuido con estudios e informes a la promoción del uso de la IA en sectores como el automovilístico o el energético con el fin de convertir a los mismos en industrias más verdes⁹⁷.

4.3. La planificación de la IA en la Unión Europea

4.3.1. Comunicaciones de la Comisión Europea

a) Financiación de una IA eficiente energéticamente.

⁹⁵ Disponible en: [OECD Legal Instruments](#) (Fecha de último acceso 12-08-2022).

⁹⁶ Por ejemplo, [Harnessing Artificial Intelligence for the Earth report 2018.pdf \(weforum.org\)](#) (Fecha de último acceso 12-08-2022).

⁹⁷ Disponible en: [IEC WP Artificialintelligenceacrossindustries Hyperliens_LR.pdf](#) (Fecha de último acceso 15-09-2022).

El camino emprendido por la Unión Europea hacia un marco legislativo para la IA ha dejado una estela de estudios, informes y documentos de variada naturaleza, de todos los cuales destacan por su peso en las futuras normativas europeas, las comunicaciones de la Comisión Europea. A pesar de que estos textos, de carácter programático, hayan centrado sus esfuerzos principalmente en las repercusiones éticas desde un foco centrado en el ser humano, no son pocas las ocasiones en las que han reservado un espacio a la relación IA-medio ambiente.

La cascada de comunicaciones de la Comisión dio comienzo con la COM (2018) 237 final, de 25 de abril *Inteligencia artificial para Europa*, la cual recoge la estrategia europea sobre IA. No existen pronunciamientos significativos relacionados con el medio ambiente, salvo la promesa realizada por la propia Comisión de favorecer "las infraestructuras y tecnologías más eficientes desde el punto de vista energético, contribuyendo a hacer más ecológica la cadena de valor de la IA". Esta declaración puede considerarse como un precedente de lo que posteriormente pasará a convertirse en una firme apuesta por los sistemas IA más eficientes energéticamente.

En tal idea insiste también el Plan Coordinado sobre la inteligencia artificial adoptado mediante la COM (2018) 795 final, de 7 de diciembre, el cual, tanto en su versión inicial como en su versión actualizada a fecha de 21 de abril de 2021, propone la inclusión de una puntuación medioambiental en los criterios de evaluación de los sistemas IA para la obtención de financiación.

b) La ética ambiental como línea de actuación.

La COM (2019) 168 final, de 8 de abril, *Generar confianza en la inteligencia artificial centrada en el ser humano* es el mejor ejemplo de la indudable posición antropocéntrica con la que la UE aborda el fenómeno de la IA. La importancia de este texto reside fundamentalmente en la presentación que conlleva de las famosas *Directrices éticas para una IA fiable*⁹⁸ elaboradas por el grupo de expertos de alto nivel sobre la IA (grupo creado por la Comisión Europea), las cuales, aunque no son vinculantes y, como tales, no crean nuevas obligaciones legales, sí han adquirido un estatus de referencia clave.

Ejemplo de tal trascendencia es el reciente Reglamento 2021/694, de 29 de abril, por el que se establece el Programa (de financiación) Europa Digital, el cual condiciona la financiación de proyectos sobre IA al cumplimiento de dichas directrices éticas. Así, su artículo 5.2: "La Comisión, de conformidad con el Derecho de la Unión e internacional, incluida la Carta, y teniendo en cuenta,

⁹⁸ Comisión Europea, Grupo de expertos de alto nivel sobre inteligencia artificial, [Directrices éticas para una IA fiable](#), abril 2019 (Fecha de último acceso 01-10-2022).

entre otras cosas, las recomendaciones del Grupo de Expertos de Alto Nivel sobre la Inteligencia Artificial, especificará los requisitos éticos en los programas de trabajo en el marco del objetivo específico 2. Las convocatorias de propuestas y de licitaciones y los acuerdos de subvención incluirán los requisitos pertinentes establecidos en dichos programas de trabajo. Cuando proceda, la Comisión llevará a cabo controles para garantizar el respeto de dichos requisitos éticos. La financiación de acciones que no cumplan los requisitos éticos podrá suspenderse, concluirse o reducirse en cualquier momento de conformidad con el Reglamento Financiero”.

Entrando a conocer un poco más sobre el contenido de las directrices en cuestión, estas líneas de actuación defienden que, para conseguir una IA fiable para el conjunto de la sociedad, esta debe ser lícita, ética y robusta (en cuanto a seguridad se refiere), centrándose las directrices en la vertiente ética y estableciendo para ello, cuatro principios y siete requisitos éticos cuyo cumplimiento deberían abordar por partes iguales tanto al sector público como el privado.

La cuestión ambiental aparece como uno de esos principios y a su vez como uno de los requisitos éticos. De este modo, se prevé el principio de prevención de una manera amplia, en relación con el potencial daño a la seguridad, a la integridad física y mental o en general a los derechos fundamentales de la persona. No obstante, de forma residual se contempla la variante ambiental: “La prevención del daño implica asimismo deberá tener en cuenta el entorno natural y a todos los seres vivos”⁹⁹.

Seguidamente, el grupo de expertos tras defender la realización “de un examen crítico del uso de los recursos y del consumo de energía durante la formación de los sistemas IA”, plantea a los diseñadores y fabricantes de modelos IA, las siguientes preguntas cuya respuesta positiva supuestamente reflejaría un correcto cumplimiento del requisito ético referido al bienestar ambiental: “¿Ha analizado los efectos potenciales o el riesgo para la seguridad del medio ambiente o de la fauna?; ¿Ha establecido mecanismos para medir el impacto ambiental del desarrollo, despliegue y utilización del sistema de IA (por ejemplo, energía consumida por cada centro de datos, tipo de energía utilizada por los centros de datos, etc.)?; ¿Se ha asegurado de introducir medidas para reducir el impacto ambiental de su sistema de IA a lo largo de todo su ciclo de vida?”¹⁰⁰.

⁹⁹ Comisión Europea, Grupo de expertos de alto nivel sobre inteligencia artificial, *Directrices éticas...*, op. cit., pp. 15.

¹⁰⁰ Comisión Europea, Grupo de expertos de alto nivel sobre inteligencia artificial, *Directrices éticas...*, op. cit., pp. 35 y 40.

Como puede observarse, este conjunto de preguntas retóricas¹⁰¹ tienen el denominador común consistente en la prevención del futuro daño ambiental mediante la evaluación del sistema IA y en la búsqueda de modelos más eficientes y respetuosos con el medio ambiente. Notar que estas cuestiones podrían reconvertirse en filtros normativos por medio de los cuales se evaluara el impacto ambiental de la IA producido (durante la fase de desarrollo y entrenamiento) y por producir (durante la fase de uso), tal y como se ponderará en la última parte del presente trabajo.

c) El *edge computing* y los bancos de pruebas.

En actualización del Plan Coordinado sobre la IA, de 7 de diciembre de 2018, emergió la COM (2021) 205 final, de 21 de abril, publicada y presentada junto a la propuesta de Reglamento sobre IA. En el punto 11 de su bloque IV, se enumeran diversas iniciativas y propuestas tendentes a la consecución de una IA ecológica. En primer lugar, a la luz de los objetivos marcados en el Pacto Verde Europeo¹⁰² sobre neutralidad climática para el año 2050 y sobre reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en al menos un 55%, la Comisión se compromete a apoyar aquellos proyectos que apuesten por "modelos IA más ligeros, con menos uso de datos y que consuman menos energía"¹⁰³.

Con esta idea en mente, la Comunicación viene a recoger la conclusión extraída por diferentes sectores científicos del universo de las TIC en relación con el necesario trasvase de datos desde los *data centers* como infraestructura de alto consumo energético al denominado *edge computing* (computación en el borde). Debe destacarse que este proceso ya ha sido iniciado previéndose que para 2025 el 80% del tratamiento y análisis de datos tenga lugar en objetos conectados inteligentes, como coches, electrodomésticos o robots de fabricación, así como en instalaciones informáticas próximas al usuario (computación en el borde), mientras que el 20% restante se siga dando en los centros de datos y en instalaciones informáticas centralizadas¹⁰⁴, opción esta última, que como se ha comentado, consume mucha más energía.

¹⁰¹ El 17 de julio de 2020 se publicó el informe de actualización sobre las Directrices éticas, [The assesment List For Trustworthy Artificial Intelligence \(ALTAI\) for self assesment](#) en vistas de las diversas propuestas y contestaciones de empresas y autoridades públicas al estudio inicial. Respecto, al aspecto ambiental, no hubo novedades destacables (Fecha de último acceso 29-09-2022).

¹⁰² COM (2019) 640 final, 11 de diciembre.

¹⁰³ [Fomentar un planteamiento europeo en materia de inteligencia artificial](#), COM (2021) 205 final, de 21 de abril, pp. 45 (Fecha de último acceso 19-09-2022).

¹⁰⁴ [Estrategia Europea de Datos](#), COM (2020), 66 final, de 19 de febrero, pp.2 (Fecha de último acceso 21-09-2022).

Seguidamente, la Comunicación vuelve a comprometerse decididamente en apoyar las instalaciones de ensayo y experimentación para las aplicaciones de IA. Es decir, lo comúnmente conocido como bancos de prueba o *sandboxes*. Cuestión de especial interés en la que España se encuentra a la cabeza de Europa, siendo el primer país en poner en marcha un proyecto piloto (a partir de octubre de 2022) consistente en la creación de un espacio controlado de pruebas para dar cobijo a la puesta en práctica de los diferentes procedimientos previstos en la propuesta de Reglamento sobre IA¹⁰⁵. De esta manera, el Estado español se convierte en pionero en la aplicación del artículo 53 de dicha propuesta, precisamente referido a esta cuestión.

Esta iniciativa, por medio de la cual se podrá probar la efectividad de los controles y procedimientos previstos en el proyecto de reglamento para la IA, tiene como objetivo definir de forma conjunta con el sector privado, buenas prácticas y lecciones aprendidas que sirvan de base para la implementación de la futura regulación europea de IA y garantizar que se puede aplicar en el tiempo previsto, en dos años.

Ocurre, sin embargo, que los referidos *sandboxes* regulatorios funcionarán conforme al contenido regulado en la propuesta de Reglamento. Por tanto, como la cuestión ambiental no es abordada en el mismo, las posibles pruebas que podrían hacerse de cara al perfeccionamiento de sistemas IA más verdes y respetuosos con el medio ambiente quedarían fuera de estas instalaciones de experimentación, suponiendo tal exclusión una contradicción en atención a las advertencias realizadas por el conjunto de comunicaciones de la Comisión sobre la amenaza ambiental que supone el desarrollo y uso de los sistemas IA.

d) La contratación pública como recurso para la promoción de una IA verde.

De nuevo es la COM (2021) 205 final, de 21 de abril, la que introduce un sugerente incentivo dirigido a empresas fabricantes de sistemas IA. En concordancia con las directrices sobre contratación pública ecológica (CPE) que desde la COM (2001) 274 final, de 4 de julio, vienen cobrando protagonismo, propone la instrumentalización de la contratación pública como medio promocional de una IA verde, con la inclusión de una puntuación medioambiental en los criterios de adjudicación de los contratos públicos.

¹⁰⁵ Página web oficial del Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital: [El Gobierno de España presenta, en colaboración con la Comisión Europea, el primer piloto del sandbox de regulación de Inteligencia Artificial en la UE \(mineco.gob.es\)](https://www.mineco.gob.es/) (Fecha de último acceso 06-10-2022).

Opción que coincide con lo planteado por el *Policy Department for economic, Scientific and Quality of Life Policies* (IPOL) en uno de sus últimos estudios¹⁰⁶: "Podrían crearse incentivos para el desarrollo y explotación de aplicaciones de IA sostenibles alineando las políticas de financiación con los objetivos de sostenibilidad y las respectivas taxonomías o mediante ajustes verdes de la contratación pública. Un mayor desarrollo de las políticas de contratación pública verde podría crear incentivos adicionales para el desarrollo y el uso de aplicaciones de IA prometedoras".

Debe tenerse en cuenta el significativo aumento de la contratación de tecnologías de la información y la comunicación (entre las cuales se encuentran los sistemas IA) por parte de las Administraciones Públicas españolas. En el periodo de enero a septiembre del año 2021, se adjudicaron 12.357 contratos en este campo (4.799 contratos más que en el mismo periodo del año 2020), suponiendo una inversión total de 3.505,81 millones de euros¹⁰⁷. Estos datos muestran con claridad la oportunidad de utilizar la contratación pública como palanca para impulsar primero, la fabricación por las empresas tecnológicas de una IA más eficiente energéticamente y segundo, el uso de la misma por parte de las Administraciones Públicas.

Esta opción de utilizar la contratación pública como medio incentivador de una IA más respetuosa con el medio ambiente, encajaría con lo dispuesto en el artículo 31 de la Ley 7/2021, de 20 de mayo, donde se prevé la contratación pública como instrumento para la lucha contra el cambio climático y la transición energética.

En este sentido, el recurso a la contratación pública encontraría su amparo en los artículos 86 a 95, 126.4, 145.2.1º y 222 de la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, referidos a las condiciones de solvencia, las prescripciones técnicas particulares, los criterios de adjudicación y las condiciones especiales de ejecución como eventuales conceptos integrantes de la variante ambiental en los procesos de licitación pública.

Así pues, dichos preceptos darían cobertura a la posibilidad de considerar criterios ambientales (en la vertiente referida a la eficiencia energética) en aquellos contratos públicos cuyo objeto sea la entrega de un sistema IA a una entidad contratante. Por otro lado, también podría ser una opción recompensada por las entidades contratantes, la utilización por parte de las potenciales entidades contratistas de sistemas IA ecológicos durante el proceso de construcción de una obra o durante la prestación de un servicio o suministro.

¹⁰⁶ European Parliament, Directorate-General for Internal Policies of the Union, HEROLD, Anke; GAILHOFER, Peter; URRUTIA, Cristina, *The role of...*, op. cit., pp. 51.

¹⁰⁷ Véase informe de Adjudicaciones y Licitaciones TIC, *Barómetro inversión TIC Administraciones Públicas en España* de 2021, pp. 22 y 23.

4.3.2. Especial mención a la propuesta de Reglamento europeo sobre IA

El objetivo de este apartado no es realizar una evaluación exhaustiva sobre la adecuación o no del marco legislativo al reto propuesta por la IA, siendo estudios recomendados a tal efecto, los de los profesores Cotino Hueso¹⁰⁸ y De Miguel Asensio¹⁰⁹, sino analizar brevemente cómo se trata la variante ambiental en su articulado y el nivel de profundidad de tal tratamiento, el cual avanza, es marginal y, por tanto, desilusionante.

A los efectos de encontrar un equilibrio entre el desarrollo científico de la IA y la necesidad de proporcionar seguridad al tráfico jurídico, la propuesta se centra principalmente en los casos de uso de la IA que supongan un “alto riesgo”, dejando los de menor riesgo en manos de posibles códigos de conducta que el sector privado decida adoptar. La clasificación en tal categoría de riesgo elevado aparece desglosada en su artículo 6, de donde cabe deducir los dos elementos que hacen a un sistema IA de alto riesgo: la finalidad para la que ha sido creado (en el anexo III se enumeran los diferentes ámbitos afectados), junto a la probabilidad y gravedad del potencial daño que pueda causarse (en el anexo II se fijan los productos cuya interrelación con un sistema IA los hace especialmente peligrosos).

Es decir, a tenor de lo dispuesto en el considerando 27 de la propuesta, la calificación de alto riesgo se limita a aquellos sistemas de IA que ya sea por el sector en el que operan (p.ej. administración de justicia) o por el producto en el que se encuentran integrados (p.ej. un ascensor), “tengan consecuencias perjudiciales importantes para la salud, la seguridad y los derechos fundamentales de las personas de la Unión”. Como se ve, una regulación centrada en el ser humano, omitiendo el medio ambiente como bien jurídico colectivo merecedor de tutela en este campo.

No obstante, parece quedar una puerta abierta en el considerando 28, donde se establece que: “Cuando se evalúe la gravedad del perjuicio que puede ocasionar un sistema de IA, en particular en lo que respecta a la salud y la seguridad de las personas, también se debe tener en cuenta el derecho fundamental a un nivel elevado de protección del medio ambiente consagrado en la Carta y aplicado en las políticas de la Unión”. Este tímido intento de integración del artículo 37 de la Carta de derechos fundamentales de la Unión Europea en la propuesta de Reglamento, es criticado por el Departamento Temático de Políticas Económicas y Científicas y de Calidad de Vida (IPOL) del Parlamento Europeo,

¹⁰⁸ Disponible en: [diariolaley - Documento \(laleynext.es\)](https://diariolaley.com/documento/laleynext.es) (Fecha de último acceso 01-09-2022).

¹⁰⁹ DE MIGUEL ASENSIO, Pedro, A., Propuesta de Reglamento sobre inteligencia artificial, en *La Ley Unión Europea*, n. 92, 2021.

en cuyo estudio *The role of artificial intelligence in the European Green Deal* afirma: “El reglamento establece una lista de IA prohibida y normas específicas para los sistemas de IA con altos riesgos para la salud, la seguridad o impactos adversos en los derechos fundamentales. Sin embargo, estos riesgos no incluyen ninguno de los peligros relacionados con el medio ambiente, *a menos que los impactos ambientales adversos supongan una amenaza directa para los derechos o intereses humanos*”.

Reproche acertado, en vista de los requisitos exigidos por el articulado de la propuesta normativa, los cuales abordan, sin integrar requisito ambiental alguno, la garantía de trazabilidad del funcionamiento de los sistemas IA mediante archivos de registro; la transparencia y disponibilidad de información por parte de los usuarios; la necesaria vigilancia humana continua sobre el sistema IA; la precisión del modelo; los aspectos relativos a la ciberseguridad; y la adecuación del conjunto de datos de entrenamiento, validación y prueba.

Sin perjuicio de lo anterior, cabe resaltar dos excepciones a la regla general de la intrascendencia de la cuestión ambiental en la propuesta de Reglamento.

La primera de ellas se localiza en el artículo 62.1, referido a la notificación de incidentes graves y fallos de funcionamiento. El precepto dice así: “Los proveedores de sistemas de IA de alto riesgo introducidos en el mercado de la Unión notificarán cualquier incidente grave o fallo de funcionamiento de dichos sistemas que constituya un incumplimiento de las obligaciones en virtud del Derecho de la Unión destinadas a proteger los derechos fundamentales a las autoridades de vigilancia del mercado de los Estados miembros donde se haya producido dicho incidente o incumplimiento”.

Dicha notificación se efectuará inmediatamente después de que el proveedor haya establecido un vínculo causal entre el sistema de IA y el incidente o fallo de funcionamiento, o la posibilidad razonable de que exista dicho vínculo, y, en cualquier caso, a más tardar quince días después de que los proveedores tengan conocimiento de dicho incidente grave o fallo de funcionamiento.

Ocurre que por “incidente grave” se entiende a los efectos del Reglamento: “todo incidente que, directa o indirectamente, tenga, pueda haber tenido o pueda tener alguna de las siguientes consecuencias: a) el fallecimiento de una persona o daños graves para su salud, para los bienes o para el *medio ambiente*; b) una alteración grave e irreversible de la gestión y el funcionamiento de infraestructura crítica” (numeral 44 del artículo 3).

Por tanto, un daño producido al medio ambiente como consecuencia de la puesta en el mercado de un sistema IA, eventualmente activaría (dependiendo de su gravedad) lo dispuesto en el artículo 62. Hay que decir, sin embargo, que esta previsión no resulta garante de los cánones de protección del medio

ambiente deseados, ya que erosiona el sentido jurídico de los principios de prevención y precaución, el cual no es otro que evitar la coacción *a posteriori*, la cual resulta ineficaz, puesto que muchos de los daños ambientales, de producirse, son irreversibles. Citando a Martín Mateo, "la represión podrá tener una trascendencia moral, pero difícilmente compensará graves daños, quizá irreparables"¹¹⁰.

La segunda nota ambiental que recoge la propuesta de Reglamento europeo se contiene en el artículo 69.2 referido a los códigos de conducta. El problema en este caso reside en el carácter voluntario de estos instrumentos más propios de la autorregulación que de una normativa preceptiva y vinculante. Además, la referencia realizada debe considerarse excesivamente generalista e inconcreta. El precepto señala: "La Comisión y el Comité fomentarán y facilitarán la elaboración de códigos de conducta destinados a promover la aplicación voluntaria a sistemas de IA de los requisitos relativos, por ejemplo, a la *sostenibilidad ambiental*, la accesibilidad para personas con discapacidad, la participación de partes interesadas en el diseño y desarrollo de los sistemas de IA y la diversidad de los equipos de desarrollo, sobre la base de objetivos claros e indicadores clave de resultados para medir la consecución de dichos objetivos".

En resumen, la transversalidad con la que debería tratarse la protección del medio ambiente en toda política y acción de la Unión Europea, en concordancia con el principio de integración ambiental, (artículo 11 TFUE) no se ve reflejada en el Reglamento sobre IA, o al menos en su propuesta. Habrá que estar atentos en cómo evoluciona legislativamente este pionero marco legislativo, de cuya formulación dependerá en gran parte, la garantía de una IA verde y conciliadora con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

4.4. Recepción de la dimensión ambiental de la IA en el derecho español

4.4.1. Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial y la Carta de Derechos Digitales

La Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial y la Carta de Derechos digitales vienen a constituir los dos pilares programáticos sobre los que pretende asentarse la planificación de la IA en España. A pesar del carácter no normativo de ambos textos, los compromisos ambientales en ellos contenidos parecen ir por buen camino, en atención no sólo a las directrices europeas, sino también al fenómeno de la IA en sí mismo considerando, mostrando con ello personalidad.

¹¹⁰ MARTÍN MATEO, Ramón, *Derecho Ambiental*, Instituto de estudios de administración local, Madrid, 1977, pp. 85.

La Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial (en adelante, ENIA), presentada el 2 de diciembre de 2020, coloca a España en el grupo de los nueve Estados miembros de la Unión previsores de la dimensión ambiental de la IA en sus respectivas estrategias internas. No obstante, la ENIA española no ha llegado a tener la profundidad sobre la variante ambiental que sí ha caracterizado a las estrategias de Dinamarca, Hungría, Francia, Italia, Países Bajos y sobre todo de Alemania¹¹¹.

La ENIA comienza con una afirmación esperanzadora al declarar que el fenómeno de la IA requiere una aproximación interdisciplinar "centrada en las personas y en el *medio ambiente*". Parece con ello transmitir la intención del Estado español de eludir el foco netamente antropocéntrico con el que se ilumina desde Europa el futuro marco legislativo sobre IA.

Pero sin duda lo más destacado de esta estrategia, en aras a garantizar que la aportación de la IA al crecimiento económico no suponga una carga ecológica, es la mención al desarrollo de un Programa Nacional de Algoritmos Verdes, el cual ha dado a luz el pasado 13 de diciembre de 2022¹¹². Este documento, que será analizado posteriormente, eleva al Estado español como pionero en la materia.

En relación con la Carta de Derechos digitales, resulta bienvenido su bloque XXII dedicado a la deseada conciliación entre el desarrollo tecnológico y la preservación del medio ambiente. Se disocia en dos puntos, representando nuevamente con esta división, la dualidad de perspectivas en la relación IA-medio ambiente.

La que interesa a efectos de este trabajo se localiza en su punto segundo, cuyo tenor literal es el que sigue: "Los poderes públicos promoverán la eficiencia energética en el entorno digital, favoreciendo la minimización del consumo de energía y la utilización de energías renovables y limpias". Es decir, se distingue así el objetivo de transición energética hacia fuentes renovables de energía del relativo a la eficiencia energética y el ahorro de energía. Normativamente son fines que van de la mano (Ley 7/2021, de 20 de mayo), pero en realidad, tratan de objetivos con esencia propia. Una vez que la demanda energética consiga casarse plenamente con la oferta de energía renovable, ello no supondrá de por sí la consecución de los objetivos de eficiencia y ahorro energético.

¹¹¹ European Parliament, Directorate-General for Internal Policies of the Union, HEROLD, Anke; GAILHOFER, Peter; URRUTIA, Cristina, *The role of...*, op. cit., pp. 45-48.

¹¹² Puede consultarse aquí: [20221213_plan_algoritmos_verdes.pdf \(mineco.gob.es\)](https://www.mineco.gob.es/20221213_plan_algoritmos_verdes.pdf) (Fecha de último acceso: 09/01/2023).

Por ello, aunque en la actualidad el proceso de descarbonización se encuentre muy avanzado, fenómenos de alto consumo energético como el desarrollo, entrenamiento y uso de algunos sistemas IA (principalmente los de *deep learning*) deben ser controlados y prevenidos bajo las exigencias derivadas de la eficiencia energética y el ahorro energético.

4.4.2. Artículo 6 de la Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética

La primera norma que ha positivizado las intenciones del Estado español de apostar por una IA verde por diseño (*Green by design*) ha sido la nueva Ley sobre cambio climático y transición energética en cuyo artículo 6 c) establece el compromiso del Gobierno de adoptar "acciones de impulso a la digitalización de la economía que contribuyan a lograr los objetivos de descarbonización, en el marco de la estrategia España Digital 2025. Entre las referidas acciones se incluirán: [...] c) Emplear el potencial de nuevas tecnologías, como la Inteligencia Artificial, para transitar hacia una economía verde, incluyéndose, entre otros aspectos, *el diseño de algoritmos energéticamente eficientes por diseño*".

Dejando al margen la formulación programática del precepto, esta letra c) viene a recoger la dual perspectiva sobre la que cabe contemplar al binomio inteligencia artificial y medio ambiente. Es decir, la IA como una nueva tecnología con potencial "para transitar hacia una economía verde" (*green by AI*) y la IA como agente contaminante necesitado del "diseño de algoritmos energéticamente eficientes" (*green in AI*).

De nuevo vuelve a insistirse en la importancia de la optimización del consumo energético demandado por los sistemas IA a la luz de los objetivos de eficiencia energética y ahorro energético. Para ello se habla de "algoritmos energéticamente eficientes por diseño", o más comúnmente conocidos como "algoritmos verdes", expresión que como se verá, está haciendo fortuna.

A continuación, se profundizará acerca de este novedoso concepto de "algoritmos verdes" sobre el que (además del Programa que lleva su nombre) el sector privado también ha comenzado a movilizarse, siendo claro ejemplo de ello, en el panorama empresarial español, 'DigitalES', asociación española para la digitalización que reúne a las principales empresas del sector de la tecnología e innovación digital en España.

4.4.3. El Programa Nacional de Algoritmos Verdes

Como se ha comentado con anterioridad, a finales del año 2020, la ENIA contempló la adopción de un programa nacional de algoritmos verdes (medida 20), tomando el relevo de tal compromiso, el componente 16 del Plan de

Recuperación, Transformación y Resiliencia, cuyo visto bueno fue concedido por la Comisión Europea, el 16 de junio de 2021. A partir de entonces, el sector privado ha venido movilizándose con el objetivo de compartir con los poderes públicos su perspectiva acerca del concepto de algoritmos verdes que la mayoría de las empresas tecnológicas comparten.

Claro ejemplo de lo anterior es el informe adoptado por la asociación DigitalES¹¹³, cuya relevancia trasciende fundamentalmente por las empresas participantes del mismo. Es más, en la presentación de dicho estudio por parte de DigitalES, participó Salvador Estevan, actual Director General de Digitalización e Inteligencia Artificial ejemplificándose de esta manera un primer avistamiento de la necesaria colaboración público-privada en este campo.

Al margen del informe (el cual propone interesantes instrumentos de incentivación para la programación de algoritmos ecológicos por parte de las empresas)¹¹⁴ se hace necesario ahora profundizar sobre el contenido del mencionado Programa Nacional de Algoritmos Verdes¹¹⁵ aprobado el 13 de diciembre de 2022 por la Secretaría de Estado de Digitalización e Inteligencia Artificial.

Conociendo que el término “algoritmo” se relaciona (en materia de IA) con el conjunto de órdenes a partir de las cuales el modelo IA ha sido entrenado para llegar a una solución, el concepto de “algoritmo verde” simplemente supone integrar la variable ambiental en el código fuente. De esta forma cuando se habla de algoritmos verdes, se hace referencia a aquellos algoritmos “capaces de maximizar la eficiencia energética y reducir el impacto ambiental de los modelos de IA, apoyando a la vez el uso de esta tecnología para dar respuesta a diferentes desafíos medioambientales”¹¹⁶. Es decir, en realidad se está haciendo referencia a dos tipos diferentes de algoritmos. Unos referidos a aquellos cuyo entrenamiento y uso son eficientes energéticamente (sistemas IA en sí mismos verdes), y otros creados específicamente para ayudar a afrontar los retos medioambientales recogidos, entre otros, en el Acuerdo de París sobre cambio climático, en los objetivos de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas, o en el más reciente Pacto Verde Europeo (p.ej., modelo IA capaz de diseñar los productos de la manera más ecológica posible en concordancia con la economía circular de los bienes).

¹¹³ Disponible en abierto: [Informe DigitalES Algoritmos Verdes.pdf](#) (Fecha de último acceso 28-08-2022).

¹¹⁴ Ayudas públicas (subvenciones, beneficios fiscales, etc.), el uso de la contratación pública, etc.

¹¹⁵ Puede consultarse aquí: [20221213_plan_algoritmos_verdes.pdf \(mineco.gob.es\)](#) (Fecha de último acceso: 09/01/2023).

¹¹⁶ Apartado 5.2, Componente 16 del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia.

Pues bien, bajo esta doble perspectiva algorítmica es sobre la que se sustenta el nuevo Programa Nacional de Algoritmos Verdes (en adelante, PNAV), en cuyo apartado introductorio comienza afirmando: “La inteligencia artificial ha mostrado su potencial para colaborar en la resolución de estos desafíos (ambientales), aunque el potencial de estas tecnologías está aún por explorar en este contexto, y no está exento de riesgos para el cambio climático derivados del coste energético asociado a la construcción, entrenamiento y ejecución de estas tecnologías”.

En cuanto al Programa en sí, el mismo se divide en cuatro ejes representativos de los diferentes retos que pretenden conseguirse con su ejecución. Para ello, se prevé destinar 278 millones de euros (257,7 millones de los fondos europeos *Next Generation EU*), de los que 200 se invertirán en el Fondo *NextTech* compuesto en su globalidad por capital público y privado¹¹⁷.

Acerca de los objetivos contenidos en el programa, destaca en primer lugar la apuesta por la investigación en el campo de los algoritmos verdes (eje 1). La facilitación en la colaboración universidad-empresa, la creación de programas de investigación con “un enfoque excelente” mediante la Red Española de Excelencia en IA y la atracción de talento investigador extranjero por medio del programa *Spain Talent Hub*, se presentan como las tres grandes ramificaciones del proceso investigador en el campo de la IA verde.

Seguidamente, el PNAV expresa la necesidad de contar con herramientas de cálculo energético que aborden el ciclo de vida de la construcción y ejecución de los sistemas IA (eje 2.1). Desde luego, deviene fundamental contar con calculadoras de gasto energético de algoritmos IA en vistas a la dificultad existente en la actualidad para su cuantificación, pudiendo ello constituir un obstáculo a la objetividad en los procedimientos competitivos de ayudas públicas para aquellos modelos IA más eficientes energéticamente.

Precisamente son las ayudas públicas las que, como no podía ser de otra forma, monopolizan una parte fundamental del PNAV (eje 3). Teniendo presente las Directrices sobre ayudas estatales en materia ambiental de la Comisión Europea¹¹⁸, el PNAV propone diversas iniciativas de financiación (con destino tanto al sector público como privado) como la relacionada con las Redes Territoriales de Especialización Tecnológica (iniciativa RETECH) o el Fondo *NextTech*. Respecto a este último hay que destacar su configuración como instrumento de inversión de colaboración público-privada con el fin de financiar a PYMES y *start-ups* dedicadas a la fabricación de una IA verde por diseño (*green by design*) o al uso de esta tecnología para fines ambientales.

¹¹⁷ Para más información sobre el Fondo: [Fondo Next Tech \(mineco.gob.es\)](https://mineco.gob.es) (Fecha de último acceso 09-01-2023).

¹¹⁸ [EUR-Lex - 52022XC0218\(03\) - ES - EUR-Lex \(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu/lexuris/ui/#!/document/52022XC0218(03)-ES) (Fecha de último acceso: 09-01-2023).

Resulta de especial interés las medidas previstas en los ejes 2.2 y 2.3 del PNAV, donde en alianza con las ideas de empresa responsable o sostenible y las dinámicas de la Responsabilidad Social Corporativa (RSC), se prevé la creación de un esquema de certificación voluntario (para la empresa) y de un sello de calidad *Green Tech* (para el concreto modelo de IA) que pueda diferenciar en el mercado a aquellas empresas más concienciadas con la *verdificación* de la IA. En todo caso, la colaboración con organismos de normalización (como ISO a nivel internacional o UNE a nivel nacional) sería recomendable, así como un procedimiento de certificación fiable en donde se cuente con las mejores herramientas de cálculo energético de algoritmos posibles.

Como cierre a estas breves notas sobre el PNAV, deben subrayarse tres elementos que de manera transversal se repiten a lo largo del documento, y que parecen venir a constituir principios de actuación para el futuro. Primeramente, destaca la importancia del carácter multidisciplinar de los equipos, plantillas o grupos de investigación encargados de fabricar e investigar acerca de los sistemas IA verdes. La importancia de los técnicos (ingenieros, expertos en ciencias ambientales, etc.) resulta indudable, pero el papel del jurista o incluso del filósofo nunca debería ser infravalorado si así se desea transitar hacia una IA fiable, es decir, hacia una IA lícita, ética y robusta.¹¹⁹ En segundo lugar, tal y como se deja caer en el PNAV, la colaboración público-privada devendrá pilar en este proceso unificador de las transiciones digital y ecológica. Debe recordarse que la investigación se encuentra mayoritariamente en manos privadas. Por ello, es capital tanto la potenciación de la investigación en el sector público (por ejemplo, con una mayor financiación de los grupos de investigación), como la colaboración con los principales actores empresariales del mundo de las TIC. Finalmente, llama la atención (para bien) la inclusión en alguna de las medidas previstas para la IA de la tecnología *Blockchain* (cadena de bloques). Su sentido radica en que estas bases descentralizadas de datos necesitan de cantidades ingentes de energía para su eficaz funcionamiento. Ello sumado a su progresiva importancia con el paso del tiempo¹²⁰, convierte a esta tecnología en una nueva diana sobre la que fijar objetivos ambientales.

¹¹⁹ Comisión Europea, Grupo de expertos de alto nivel sobre inteligencia artificial, *Directrices éticas...*, op. cit.

¹²⁰ La propia *blockchain* puede cumplir funciones clave en el contexto de la transición a una economía circular. Por ejemplo, puede ser utilizada dentro de la cadena de suministro a los efectos de almacenar datos sobre el cumplimiento por parte de cada operador de sus obligaciones de ecodiseño (certificados ambientales preceptivos, información ambiental de obligatoria entrega por los fabricantes a los encargados de operaciones de valorización de residuos, etc.). El futuro Reglamento europeo sobre diseño ecológico [COM (2022) 142 final] presta especial atención en el rastreo del producto desde su fabricación hasta el final de su vida útil y su conversión a residuo.

5. CONSIDERACIONES DE *LEGE FERENDA* EN TORNO AL IMPACTO AMBIENTAL DE LA IA

5.1. Introducción

En el anterior apartado, se ha podido apreciar cómo el marco regulador diseñado por la propuesta de Reglamento europeo no resulta protector del medio ambiente ante el fenómeno de la IA, fijando al ser humano como único elemento merecedor de protección y dejando en manos del sector privado la gestión del problema ambiental.

Por ello, deviene capital reflexionar acerca de alternativas que de *lege ferenda* puedan conciliar la transición digital de la IA con la necesaria transformación ecológica. Son tres las dimensiones que se proponen para suplir el absentismo europeo: la aplicación de otro acto jurídico de la Unión actualmente vigente, la subsunción de la IA en el marco jurídico de aquellos productos de los que forma parte y la adición al Reglamento europeo de procedimientos que funcionen de barrera de entrada al mercado sobre aquellos sistemas IA que no cumplan con determinados condicionantes ambientales.

5.2. ¿Es aplicable la Directiva 2009/125 de diseño ecológico?

Cada vez que surge una novedad, consecuencia de la evolución tecnológica de la sociedad, la inercia del jurista suele inclinarse hacia la necesidad de aprobar una nueva legislación reguladora de ese nuevo fenómeno, sin recaer en la posibilidad de subsumir tal irrupción tecnológica en un marco legislativo ya en vigor. Este instinto fue apodado por el juez Easterbrook como "la ley del caballo"¹²¹ que viene a describir la tendencia de adoptar normativas *ad hoc* cuando una nueva tecnología emerge (en el siglo XIX, el caballo; hoy, la IA).

Así pues, en ciertas ocasiones la mejor manera de averiguar la idónea ley aplicable a las actividades especializadas, es atendiendo a las reglas generales. En el caso de la IA, se ha denunciado en este trabajo su ingente consumo de energía eléctrica. Por ello, a efectos de establecer unos límites al consumo energético de los sistemas IA, puede que sea suficiente acudir a normas en vigor previsoras de este problema, sin que resulte necesario aprobar un nuevo marco normativo específico regulador del impacto ambiental de los sistemas IA.

En este contexto, entra en juego la Directiva 2009/125, de 21 de octubre, por la que se insta un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía (transpuesta al

¹²¹ EASTERBROOK, Frank H., [Cyberspace and the Law of the Hors](#), *The University of Chicago Legal Forum*, 1996, pp. 207-216 (Fecha de último acceso 16-09-2022).

ordenamiento español, mediante el Real Decreto 187/2011, de 18 de febrero). Aunque la inclusión de los sistemas IA en su ámbito de aplicación pueda resultar controvertida y cuestionable, existen argumentos a favor de tal integración, que al menos servirán para abrir el debate jurídico acerca de esta cuestión.

El factor clave para determinar la aplicación de la Directiva a los sistemas IA, reside en la discusión sobre si estos pueden ser considerados como "productos relacionados con la energía" o como "componentes y subconjuntos" de dichos productos.

En el primer apartado del artículo 2, se definen los productos a los efectos de la Directiva como "todo bien que, una vez introducido en el mercado o puesto en servicio, tiene un impacto sobre el consumo de energía durante su utilización e incluye las partes que están destinadas a incorporarse a los productos relacionados con la energía, contempladas por la presente Directiva e introducidas en el mercado o puestas en servicio como partes individuales para usuarios finales, y cuyo comportamiento medioambiental puede evaluarse de manera independiente".

Por otra parte, en el segundo apartado del precepto, se definen a los componentes y subconjuntos como aquellas "partes destinadas a ser incorporadas a los productos que no se introducen en el mercado ni se ponen en servicio como partes individuales para usuarios finales o cuyo comportamiento medioambiental no puede evaluarse de forma independiente".

Comenzando por estudiar los sistemas IA como eventuales productos relacionados con la energía, son varias las incógnitas a despejar antes de adjudicarles esta naturaleza. En primer lugar, parece claro que los sistemas IA son bienes susceptibles de ser introducidos en el mercado o ser puestos en servicio. No hace falta más que acudir al artículo 1 a) de la propuesta de Reglamento europeo sobre IA y observar que la norma precisamente establece "normas armonizadas para la introducción en el mercado, la puesta en servicio y la utilización de sistemas de inteligencia artificial en la Unión", entendiendo ambas normas lo mismo por "introducción en el mercado" (*vid.* artículo 2.4 Directiva 2009/125 y artículo 3.9 propuesta de Reglamento sobre IA).

Paralelamente a lo anterior, debe dilucidarse si los sistemas por sí solos tienen un impacto en el consumo de energía una vez introducidos en el mercado. Esta cuestión no resulta intrascendente, ya que surge la duda de quién consume la energía, si el sistema IA como *software* o el *hardware* en el que se integra, opción esta última que desplazaría a los sistemas IA a la categoría de componentes o subconjuntos.

En este contexto, es importante atender a la realidad no física de los sistemas IA. La IA es ante todo un *software* que puede funcionar como producto independiente (p.ej. el sistema creador de imágenes originales DALL-E) o como componente de otros productos, mayormente con la función de seguridad (p.ej. en ascensores, juguetes, equipos radioeléctricos, etc.). No obstante, ya sea como producto independiente o como componente de otros productos, los sistemas IA siempre van a necesitar de un elemento ajeno para funcionar. Véase que para el entrenamiento y uso de DALL-E o de modelos de procesamiento del lenguaje natural, siempre se requiere de un ordenador, tablet o móvil.

Por ello, cuando se trata el problema del consumo energético de los sistemas IA, en origen, supone el consumo requerido por el *hardware* (en el que se encuentre integrado el modelo) para poder poner en funcionamiento el sistema IA. No obstante, y es aquí donde bajo mi perspectiva reside el punto de conflicto, la cantidad de energía necesitada por el *hardware* va a depender del tipo de sistema IA que está siendo entrenado o implementado. Por ende, sí puede afirmarse que la IA tiene independencia respecto al equipo informático o producto ajeno en el que está incorporado el modelo.

Como consecuencia, desde mi forma de entender el problema, parece claro que los sistemas IA podrán ser considerados, al menos, como componentes o subconjuntos de otros productos relacionados con la energía (ordenadores¹²², p.ej.), siéndoles en tal caso de aplicación lo dispuesto en el artículo 11 de la Directiva¹²³. Por otro lado, para el caso de considerarse los sistemas IA como agentes contaminantes independientes del producto o *hardware* en que se encuentran integrados, podrían ser subsumidos en el concepto de “producto relacionado con la energía”.

En el supuesto de encuadrar los sistemas IA como productos a efectos de la Directiva 2009/125, el Parlamento Europeo y el Consejo tendrían la obligación de aprobar un Reglamento específico para estos sistemas que desarrollara la Directiva, ya que esta funciona como disposición marco de carácter horizontal¹²⁴. El objeto de dicho Reglamento *ad hoc* serían las medidas de ejecución en la que se fijarían los concretos requisitos de diseño ecológico

¹²² Los ordenadores entran dentro del ámbito de aplicación de la Directiva 2009/125. Es más, poseen su propia normativa específica de desarrollo de la Directiva, donde se regulan las medidas de ejecución, es decir, los concretos requisitos de diseño ecológico aplicables a los ordenadores. Esta norma es el Reglamento (UE) n° 617/2013, de 26 de junio, por el que se desarrolla la Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo a los requisitos de diseño ecológico aplicables a los ordenadores y servidores informáticos.

¹²³ Obligación de los fabricantes de tales componentes o subconjuntos de informar al fabricante del producto principal sobre la composición material y el consumo de energía, materiales o recursos de los componentes o subconjuntos.

¹²⁴ *Vid.* arts. 15.1 y 16.2 Directiva 2009/125, de 21 de octubre.

aplicables a los sistemas IA (cuyo cumplimiento se comprobaría mediante el procedimiento de evaluación de la conformidad, terminando el mismo con la obtención del certificado CE). Este proceso es el que se ha seguido para los diversos bienes que han sido considerados productos relacionados con la energía. Entre otros, ordenadores¹²⁵, servidores y productos de almacenamiento de datos¹²⁶, aparatos de refrigeración¹²⁷, motores eléctricos¹²⁸, etc.

Con todo ello queda propuesto el debate acerca de la eventual subsunción de los sistemas IA en el ámbito de aplicación de la Directiva 2009/125. No podría terminarse este apartado sin embargo, sin aludir al importante cambio normativo que en el campo del ecodiseño de productos va a producirse en los próximos años. En este sentido, el 30 de marzo de 2022, la Comisión Europea aprobó la nueva propuesta de Reglamento marco de requisitos de diseño ecológico para productos sostenibles¹²⁹, con el que se pretende derogar precisamente la Directiva 2009/125/CE.

Así pues, la base de esta iniciativa legislativa consiste en ampliar el ámbito de aplicación de la Directiva más allá de los productos relacionados con la energía¹³⁰, abarcando una gama de productos más amplia y ayudando así a lograr una economía circular desde el diseño.

Sin embargo, la modificación más trascendental de esta propuesta en lo que aquí interesa en relación con los sistemas IA, es su mención expresa de aplicación a todo "bien físico"¹³¹, lo cual significaría descartar la subsunción de los sistemas IA en su ámbito de aplicación, al ser estos, como se ha analizado, productos que de por sí no poseen una realidad física, al ser un *software*. No habría por tanto una sujeción de los sistemas IA, individualmente considerados, a los requisitos de diseño ecológico previstos en el articulado del futuro Reglamento, exclusión que, por lo comentado a lo largo de este apartado, no parecería justificada.

¹²⁵ Reglamento (UE) 617/2013, de 26 de junio, relativo a los requisitos de diseño ecológico aplicables a los ordenadores y servidores informáticos.

¹²⁶ Reglamento (UE) 2019/424, de 15 de marzo, por el que se establecen requisitos de diseño ecológico para servidores y productos de almacenamiento de datos.

¹²⁷ Reglamento (UE) 2019/2024, de 1 de octubre, por el que se establecen requisitos de diseño ecológico para los aparatos de refrigeración con función de venta directa.

¹²⁸ Reglamento (UE) 2019/1781, de 1 de octubre, por el que se establecen requisitos de diseño ecológico para los motores eléctricos y los variadores de velocidad.

¹²⁹ COM (2022) 142 final, de 30 de marzo.

¹³⁰ *Id.* considerandos 10 y 103 de la propuesta de Reglamento.

¹³¹ *Id.* art. 1.2.

Los productos que sí entrarían en el perímetro de aplicación del Reglamento serían aquellos, que poseyendo una dimensión física, llevan integrados un sistema IA, bien como componente de seguridad (en juguetes o en ascensores) o adquiriendo la condición de máquina como aparato robótico (los *cobots* o robots colaborativos).

Puntualizar brevemente en relación con esta última referencia, que los robots son precisamente calificados como tales debido a su funcionamiento a partir de IA¹³². Es decir, la IA es el corazón de la robótica. La IA es el motivo por el cual los robots no son máquinas ordinarias, sino aparatos con la capacidad de procesar órdenes humanas, ejecutarlas y ser más eficientes cada vez, aprendiendo del entorno y la experiencia. En otras palabras, se podría afirmar que la robótica es “IA en acción en el mundo físico”¹³³. No obstante, en la actualidad, no existe una normativa específica para los robots, siéndoles de aplicación el marco legislativo diseñado para las máquinas. Ahora bien, debe considerarse, la derogación anunciada de la vigente Directiva 2006/42/CE relativa a las máquinas, por un nuevo Reglamento europeo que pretende adaptar la anterior regulación a aquellas máquinas tecnológicamente más avanzadas, entre las que se encuentran los robots. Así se expresa en el considerando 11 de la propuesta de Reglamento europeo sobre máquinas¹³⁴ y en la comunicación de la Comisión *Fomentar un planteamiento europeo en materia de inteligencia artificial*¹³⁵, aprobadas precisamente el mismo día.

5.3. Propuesta de requisitos ambientales ex ante para la introducción de un sistema IA en el mercado

5.3.1. Normas jurídicas vinculantes

A los efectos de evitar que las propuestas y declaraciones públicas se asienten sobre arenas movedizas, tales buenas intenciones deben entrar en un proceso de juridificación garante de su verdadero cumplimiento. La aparente imposibilidad actual (y probablemente futura) de incluir los sistemas IA en el ámbito de aplicación de la normativa europea sobre diseño ecológico, exige por tanto, buscar otras alternativas que permitan materializar, en materia de IA, el principio de integración ambiental previsto en el artículo 11 TFUE.

¹³² “puede haber IA sin robótica, pero nunca robots inteligentes sin un sistema de inteligencia”. AZNAR DOMINGO, Antonio; DOMINGUES VILLARROEL, María, P., [La responsabilidad civil derivada del uso de inteligencia artificial](#), en *Revista de Jurisprudencia*, Lefebvre, nº 44, 2022 (Fecha de último acceso 08-10-2022).

¹³³ European Commission & High-Level Expert Group on Artificial Intelligence, *A definition of AI...*, op. cit., pp. 4.

¹³⁴ COM (2021) 202 final, de la Comisión Europea, de 21 de abril.

¹³⁵ COM (2021) 205 final, de la Comisión Europea, de 21 de abril, pp. 2.

Una primera propuesta abordaría la realización de una evaluación de impacto ambiental a aquellos sistemas IA que pretendan convertirse en producto comercializable en el libre mercado de bienes y servicios de la Unión Europea. Para la articulación de este procedimiento preventivo, no sería necesario la aprobación de una norma *ad hoc* (al contrario de lo que sucede con los planes, programas y proyectos)¹³⁶, pudiéndose integrar en el articulado del futuro marco legislativo de IA.

Así pues, en la propuesta de Reglamento europeo sobre IA, existe la conocida como "evaluación de la conformidad". Proceso mediante el cual un organismo de evaluación de la conformidad, o el propio fabricante/proveedor (control interno)¹³⁷ verifica (en aras a decidir su introducción en el mercado) si el sistema IA cumple con los requisitos establecidos en el título III capítulo segundo, requisitos todos ellos, centrados únicamente en el ser humano. Si se observa, esta evaluación de la conformidad no es más que una evaluación de impacto de la IA sobre la salud, seguridad y derechos fundamentales de las personas (que compartirá rasgos con la autorización administrativa si el que verifica es el organismo de evaluación de la conformidad o compartirá rasgos con la declaración responsable si el que verifica es el propio fabricante). La inclusión de la variante ambiental en dicha evaluación no supondría una modificación estructural de la norma.

Más problemático resultaría establecer los parámetros y baremos a partir de los cuales decidir acerca del carácter positivo o negativo de la evaluación. Desde una perspectiva general, deberían imponerse límites o condicionantes proporcionales a los compromisos de neutralidad climática 2050 y reducción de emisiones en un 55% para 2030 con respecto a los niveles de 1990, propuestos en el Pacto Verde Europeo y en el reciente Reglamento (UE) 2021/1119, de 30 de junio (Legislación europea sobre el clima).

La imposición de un límite al consumo energético (tal y como prevén los Reglamentos específicos de diseño ecológico)¹³⁸ durante las fases de desarrollo, entrenamiento y uso del sistema IA, o la exigencia a los fabricantes y diseñadores de IA de una autosuficiencia energética adoptando una estrategia

¹³⁶ Los planes y programas se ven sometidos a la evaluación ambiental estratégica (arts. 17 a 32 Ley 21/2013), mientras que los proyectos se sujetan a la evaluación de impacto ambiental (arts. 33 a 48 Ley 21/2013).

¹³⁷ En la mayoría de los supuestos, será suficiente que la evaluación de la conformidad del sistema IA con las obligaciones impuestas por el Reglamento sea realizada por el propio fabricante/proveedor en una suerte de declaración responsable del artículo 69 Ley 39/2015. Véase en este sentido el artículo 43 de la propuesta.

¹³⁸ Entre otros, el Reglamento (UE) 2019/424, de 15 de marzo, de servidores y productos de almacenamiento de datos, o el Reglamento (UE) 2019/2024, de 1 de octubre, de aparatos de refrigeración.

de reducción de energía e incrementando el uso de energía de origen renovable, podrían ser medidas a tener en cuenta en la evaluación de impacto ambiental atendiendo, como se ha comentado anteriormente, a cada sistema IA individualmente considerado.

No obstante, la intervención que supondría lo expuesto sobre el desarrollo tecnológico hace que parezca desproporcional exigir tal requisito a todo sistema IA en funcionamiento. Por tanto, la evaluación de impacto ambiental solo debería realizarse sobre aquellos sistemas IA que, primeramente, pretendan ser introducidos en el mercado para su tráfico comercial y, además, traten de modelos IA dependientes de cantidades ingentes de energía para su eficaz entrenamiento e implementación posterior. Es decir, principalmente, como se ha analizado en el Título III, *supra*, los sistemas IA constituidos a partir de tecnología de *deep learning*. Con ello se respetaría el principio de mínima intervención rector del futuro Reglamento sobre IA, el cual, será aplicable de manera preceptiva y vinculante, únicamente respecto a los sistemas categorizados como de alto riesgo para la salud, la seguridad y los derechos fundamentales de las personas.

Sin duda, en garantía nuevamente del principio de proporcionalidad, las concretas limitaciones y medidas correctoras derivadas de la evaluación, deberían ser avaladas por los informes técnicos necesarios, garantes de la eficacia de la medida, dándose publicidad a los mismos en cumplimiento de una transparencia que, en casos intervencionistas como este, deviene indispensable. Precisamente una de las peticiones más reclamadas tras la aprobación del Real Decreto-ley 14/2022, de 1 de agosto, han sido los informes técnicos que sirvieron de justificación para la adopción de las nuevas medidas de ahorro y eficiencia energética¹³⁹.

Por otro lado, el establecer el sometimiento de los sistemas IA a las pruebas y experimentaciones de un *sandbox* regulatorio, podría erigirse como una de las fases más representativas y gráficas del procedimiento de evaluación de impacto ambiental. De esta manera, se conseguiría hacer parte del proceso a los fabricantes y diseñadores del modelo, pudiendo servir a las autoridades públicas como acto de motivación acerca de la adecuación o no del sistema IA a las exigencias ambientales fijadas en la norma. Además, este instrumento también

¹³⁹ A modo de ejemplo, el abogado Antonio Benítez Ostos, socio-director de la firma *Administrativando Abogados*, declaró en una entrevista publicada el 23 de agosto de 2022 en el Confidencial que: "sería preciso analizar los informes técnicos que han sustentado que las medidas impuestas serían eficaces para conseguir el ahorro energético pretendido. Porque, de no ser contundentes y quedar respaldados por un estudio serio y riguroso, es posible que las mismas quiebren el principio de proporcionalidad". Disponible en: [Juristas dudan de que la jurisprudencia avale el plan de ahorro energético de Sánchez \(elconfidencialdigital.com\)](https://www.confidencialdigital.com/juristas-dudan-de-que-la-jurisprudencia-avale-el-plan-de-ahorro-energetico-de-sanchez)

se encuentra recogido en la propuesta de Reglamento, en concreto en su artículo 53. Por ello, nuevamente valdría con incluir el aspecto medioambiental, dándose lugar a proyectos piloto de medición del consumo energético durante el entrenamiento y uso de los modelos.

En cuanto a la rigidez tomada (por parte del organismo de evaluación de la conformidad o por parte del propio fabricante/proveedor) para resolver positiva o negativamente la evaluación de impacto, debería tenerse en cuenta, primeramente, que de tal evaluación pende la introducción o exclusión del sistema IA como producto del mercado de bienes y servicios. Si hemos dicho a lo largo de este trabajo que el equilibrio entre el desarrollo tecnológico y la protección del medio ambiente deviene capital para la coordinación de ambas transiciones (la tecnológica y la verde), parece idóneo que se determinara la evaluación negativa del procedimiento sólo en aquellos casos en los que no exista margen a medidas correctoras o compensatorias.

Este es precisamente el proceder que doctrina y jurisprudencia mayoritaria entiende más adecuado en relación con la evaluación de impacto ambiental de proyectos regulada en la Ley 21/2013, de 19 de diciembre. De este modo, con base en el artículo 41.2 de la norma referenciada, la jurisprudencia española defiende que "La Administración vendrá obligada a fijar medidas correctoras y preventivas en el caso de que el proyecto se considere viable desde el punto de vista ambiental con la finalidad de compensar los efectos adversos sobre el medio ambiente, pero para llegar a este punto es condición necesaria que previamente se haya declarado el proyecto viable desde el punto de vista ambiental"¹⁴⁰. La misma idea es recogida por Blanca Soro al explicar el carácter excepcional de una evaluación de impacto ambiental negativa "en la medida en que, en la mayor parte de los casos, es positiva condicionada al cumplimiento de medidas correctoras"¹⁴¹.

5.3.2. Incentivos económicos

Sin perjuicio de un acercamiento desde el *hard law* al problema ambiental planteado por la IA, también cabe traer a colación instrumentos estratégicos destinados a incentivar una IA ecológica (ayudas públicas y subvenciones, fiscalidad verde, uso de la contratación pública ecológica, etc.). Estos recursos son incentivos a los agentes del sector privado para que adapten su sistema productivo a la transición verde que desde las instituciones públicas se desea perseguir. Como consecuencia, ya no nos encontraríamos en el contexto de un

¹⁴⁰ *Vid.* STSJ CM de 23 de diciembre de 2019, n° recurso: 208/2019, FJ 3°; y STS de 5 de abril de 2018, n° recurso: 2817/2016, FJ 3°.

¹⁴¹ SORO MATEO, Blanca, [Construyendo el principio de precaución](#), en *Revista Aragonesa de Administración Pública*, n. 49-50, 2017, pp. 94 (Fecha de último acceso 17-09-2022).

marco legislativo preceptivo y vinculante, sino en uno de aplicación voluntaria ya que la protección del medio ambiente (con el diseño de una IA verde) quedaría fuera del ámbito imperativo de la norma, pasando a depender de la capacidad de atracción de los incentivos propuestos por el sector público sobre las empresas.

La anunciada fiscalidad verde y desinversión en productos energéticos de origen fósil¹⁴², el objetivo específico 2 del Programa Europeo Digital¹⁴³, el uso de prescripciones técnicas particulares y de criterios de adjudicación verdes en la contratación pública¹⁴⁴, o las medidas previstas en el Programa Nacional de Algoritmos Verdes, son ejemplos de los diversos instrumentos a manos de las Administraciones Públicas para incentivar el desarrollo, entrenamiento y uso de una IA ecológica.

6. CONCLUSIONES

1) La inteligencia artificial es aquella disciplina científica encargada del estudio de las diversas técnicas y metodologías a partir de las cuales se hace posible desarrollar un complejo *software* que adquiere la categoría de sistema de inteligencia artificial. A su vez, estos sistemas de inteligencia artificial pueden presentarse al mundo de tres formas distintas: como componente de seguridad, gestión o control del producto en el que se incluyen; como aparato robótico; y como sistema operativo en la realidad no física, integrándose en un ordenador, tablet o móvil.

2) El desarrollo, entrenamiento y uso de algunos sistemas de inteligencia artificial, (principalmente los de *deep learning*) así como el funcionamiento de las infraestructuras de datos, conllevan un consumo ingente de energía eléctrica. Por ello, su control y limitación devienen capitales a la luz de la normativa de transición energética y, sobre todo, de eficiencia energética y ahorro energético.

3) La Recomendación de la UNESCO adoptada en su 41ª reunión, el 24 de noviembre de 2021, se erige como una de las pocas propuestas internacionales que analizan la relación entre inteligencia artificial y medio ambiente con rigor, defendiendo encarar las consecuencias ambientales inherentes a la inteligencia artificial desde los principios de prevención y precaución.

¹⁴² *Vid.* disposiciones adicionales segunda y séptima Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética.

¹⁴³ *Vid.* art. 5 Reglamento (UE) 2021/694, de 29 de abril.

¹⁴⁴ *Vid.* art. 31 Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética.

4) La Comisión Europea ha venido advirtiendo desde la estrategia europea en materia de inteligencia artificial aprobada el 25 de abril de 2018 hasta la actualización del plan coordinado el 21 de abril de 2021, sobre el necesario acompañamiento de las transiciones tecnológicas y verdes. Sin embargo, el análisis y propuestas acerca del impacto ambiental de la inteligencia artificial se han caracterizado por su superficialidad, centrando la atención en las repercusiones que dicha tecnología pudiera tener sobre el ser humano. El enfoque extremadamente antropocéntrico de la Comisión se ha trasladado también a la propuesta de Reglamento europeo sobre inteligencia artificial, el cual, regula aquellos sistemas de inteligencia artificial considerados de alto riesgo para la salud, seguridad y derechos fundamentales de las personas, no ponderando la variante ambiental a la hora de cuantificar el nivel de riesgo que pueda llegar a tener un sistema de inteligencia artificial.

5) A nivel nacional, la Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial y la Carta de Derechos digitales establecen el molde jurídico al que se adaptará la inteligencia artificial en España. La perspectiva ambiental de esta nueva tecnología es tratada por ambos documentos programáticos, con particularidad, pero huyendo en todo caso de compromisos específicos. No obstante, tal especificidad se aborda con mayor precisión en el reciente Programa Nacional de Algoritmos Verdes.

6) La economía legislativa recomienda evitar la promulgación de normas *ad hoc* para regular una nueva problemática en aquellos casos en los que el ámbito de aplicación de una ley vigente pueda acoger al novedoso conflicto. Por ello resulta de vital importancia plantearse la posible aplicación a los sistemas IA de la normativa europea sobre diseño ecológico de los productos, o en su defecto, proceder a la inclusión de un procedimiento de evaluación de impacto ambiental dentro del de evaluación de la conformidad previsto en la propuesta de Reglamento europeo sobre inteligencia artificial.

7) La fijación de límites al consumo energético necesitado durante el desarrollo, entrenamiento y uso de los sistemas de inteligencia artificial, o cualquier otra medida como la exigencia de autosuficiencia energética a las instalaciones de diseño y fabricación de sistemas IA, sólo se presentarán como medidas proporcionales si son aplicadas sobre aquellos sistemas IA, que pretendiendo ser puestos en comercialización, requieran para su eficaz desarrollo, entrenamiento o uso, cantidades ingentes de energía.

8) La puesta en marcha de instrumentos estratégicos como las ayudas públicas, la fiscalidad verde, o la contratación pública con el objetivo de incentivar el diseño y fabricación de una inteligencia artificial más ecológica, se presenta como la etapa de transición ideal hasta la aprobación de un marco jurídico preceptivo y vinculante sobre la materia.

7. BIBLIOGRAFÍA

- ANDRAE, Anders, S.G., New perspectives on internet electricity use in 2030, *Engineering and Applied Science Letters*, vol. 3, n. 2, 2020, pp. 19-31.
- AZNAR DOMINGO, Antonio; DOMINGUES VILLARROEL, María, P., La responsabilidad civil derivada del uso de inteligencia artificial, en *Revista de Jurisprudencia*, Lefebvre, n° 44, 2022. Disponible en: [La responsabilidad civil derivada del uso de inteligencia artificial \(elderecho.com\)](http://elderecho.com) (Fecha de último acceso 08-10-2022).
- BERENTE, Nicholas, et al., Managing Artificial Intelligence, *MIS Quarterly*, Volume 45, n. 3, 2021, pp. 1433 - 1450.
- BOIX PALOP, Andrés, Los algoritmos son reglamentos, en *Revista de Derecho Público: teoría y método*, n.1, 2020, pp. 223-269. Disponible en: [Vista de Los algoritmos son reglamentos | Revista de Derecho Público: Teoría y método \(revistasmarcialpons.es\)](http://revistasmarcialpons.es) (Fecha de último acceso 19-09-2022).
- BROWN, Tom, et al., Language models are few-shot learners, *NIPS'20: Proceedings of the 34th International Conference on Neural Information Processing Systems*, n. 159, diciembre 2020, pp. 1877–1901. Disponible en: [1457c0d6bfc4967418bfb8ac142f64a-Paper.pdf \(nips.cc\)](https://paperswithcode.com/paper/1457c0d6bfc4967418bfb8ac142f64a-Paper.pdf) (Fecha de último acceso 09-09-2022).
- CAFFERATTA, Néstor, A., El ascenso de los principios del derecho ambiental, en *Revista de Derecho Ambiental*, n. 55, julio-septiembre 2018, pp. 36.
- DE MIGUEL ASENSIO, Pedro, A., Propuesta de Reglamento sobre inteligencia artificial, en *La Ley Unión Europea*, n. 92, 2021.
- DHAR, Payal., The carbon impact of artificial intelligence. *Nature Machine Intelligence*, n. 2, 2020, pp. 423-425.
- EASTERBROOK, Frank H., Cyberspace and the Law of the Hors, *The University of Chicago Legal Forum*, 1996, pp. 207-216. Disponible en: [Cyberspace and the Law of the Horse \(uchicago.edu\)](http://uchicago.edu) (Fecha de último acceso 16-09-2022).

European Commission & High-Level Expert Group on Artificial Intelligence, *A definition of AI: main capabilities and disciplines*, abril 2019, pp. 3. Disponible en: [A definition of Artificial Intelligence: main capabilities and scientific disciplines | Shaping Europe's digital future \(europa.eu\)](#) (Fecha de último acceso 23-09-2022).

European Parliament, Directorate-General for Internal Policies of the Union, HEROLD, Anke; GAILHOFER, Peter; URRUTIA, Cristina, *The role of artificial intelligence in the European Green Deal*, European Parliament, 2021, pp. 31. Disponible en: [The role of artificial intelligence in the European Green Deal - Publications Office of the EU \(europa.eu\)](#) (Fecha de último acceso 29-09-2022).

European Commission, Joint Research Centre, MANZONI, María; MEDAGLIA, Rony; TANGI, Luca. *AI Watch, road to the adoption of artificial intelligence by the public sector: a handbook for policymakers, public administrations and relevant stakeholders*, Publications Office of the European Union, 2022, pp. 65-68. Disponible en: [AI Watch, road to the adoption of artificial intelligence by the public sector - Publications Office of the EU \(europa.eu\)](#) (Fecha de último acceso 06-08-2022).

GALERA RODRIGO, Susana., Cambio de modelo en la transición energética: ¿otro tren que pasará? *Actualidad Jurídica Ambiental*, n. 114, 2021, pp. 3 y 4. Disponible en: [2021-07-12-Galera-Cambio-modelo-transicion-energetica.pdf \(actualidadjuridicaambiental.com\)](#) (Fecha de último acceso 11/10/2022).

GARCÍA DE ENTERRÍA, Eduardo, Reflexiones sobre la Ley y los principios generales del Derecho en el Derecho administrativo, en *Revista de administración pública*, n. 40, 1963, pp. 194 y 195.

GARCÍA-MARTÍN, Eva, et al., Estimation of energy consumption in machine learning. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, Vol. 134, diciembre 2019, pp. 75–88. Disponible en: [Estimation of energy consumption in machine learning - ScienceDirect](#) (Fecha de último acceso 30-08-2022).

HUERGO LORA, Alejandro, J. (Dir.); DÍAZ GONZALEZ, Gustavo, M. (Coord.), *La regulación de los algoritmos*, Thomson Reuters Aranzadi, Cizur Menor, 2020, pp. 23-87.

- HUERGO LORA, Alejandro, J., [Administraciones Públicas e inteligencia artificial: ¿más o menos discrecionalidad?](#), *El Cronista del Estado Social y Democrático de Derecho*, n. 96-97, 2021, pp. 78 a 95 (Fecha de último acceso 22-10-2022).
- KAACK, Lynn, et al., Aligning artificial intelligence with climate change mitigation. *Nature Climate Change*, n. 12, junio 2022, pp. 518–527. Disponible en: [Administraciones Públicas e inteligencia artificial: ¿más o menos discrecionalidad? \(inap.es\)](#) (Fecha de último acceso 29-09-2022).
- LIU, Ran, et al., Impacts of the digital transformation on the environment and sustainability, *Öko-Institut*, diciembre 2019. Disponible en: [issue paper digital transformation 20191220 final.pdf \(europa.eu\)](#) (Fecha de último acceso 28-09-2022).
- LÓPEZ RAMÓN, Fernando (Coord.), *Observatorio de Políticas Ambientales 1978-2006*, Aranzadi, 1ª edición, Cizur Menor, 2006, pp. 49.
- LUCCIONI, Alexandra; LACOSTE, Alexandre; SCHMIDT, Victor, Estimating Carbon Emissions of Artificial Intelligence, en *IEEE Technology and Society Magazine*, vol. 39, n. 2, Junio 2020, pp. 48-51.
- MAHESH, Batta., Machine Learning Algorithms - A Review. *International Journal of Science and Research*, Vol. 9, n. 1, enero 2020, pp. 381-386. Disponible en: <https://www.ijsr.net/archive/v9i1/ART20203995.pdf> (Fecha de último acceso 13-09-2022).
- MARTÍN MATEO, Ramón, *Derecho Ambiental*, Instituto de estudios de administración local, Madrid, 1977, pp. 85.
- MCCARTHY, John, et al., *A proposal for Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*, de 31 de agosto de 1955, pp. 2 y 11.
- ORTEGA ÁLVAREZ, Luis, I. (dir.); ALONSO GARCÍA, Consuelo. (coord.); DE VICENTE MARTÍNEZ, Rosario., *Tratado de derecho ambiental*, Tirant lo Blanch, 1ª edición, Valencia, 2013, pp. 40.
- PASQUALE, Frank., *The black box society. The secret algorithms that control money and information*, Harvard University Press, Cambridge (Mass.), 2015, pp. 7 y ss.
- RUSSEL, Stuart; NORVING, Peter, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Ed. Pearson, 2010, pp.1-5.

- SAMUEL, Arthur, L., Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers, *IBM journal of Research and Development*, vol. 3, n. 3, julio 1959, pp. 211.
- SCHWARTZ, Roy, et al., Green AI, *Communications of the ACM*, diciembre 2020, vol. 63, n. 12, pp. 54-63. Disponible en: [1907.10597.pdf \(arxiv.org\)](https://arxiv.org/pdf/1907.10597.pdf) (Fecha de último acceso 03-09-2022).
- SORO MATEO, Blanca, Construyendo el principio de precaución, en *Revista Aragonesa de Administración Pública*, n. 49-50, 2017, pp. 94. Disponible en: https://bibliotecavirtual.aragon.es/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=3714670 (Fecha de último acceso 17-09-2022).
- STRUBELL, Emma; GANESH, Ananya; MCCALLUM, Andrew, Energy and policy considerations for deep learning in NLP, *College of Information and Computer Sciences University of Massachusetts Amherst*, junio 2019, pp.1. Disponible en: [1906.02243.pdf \(arxiv.org\)](https://arxiv.org/pdf/1906.02243.pdf) (Fecha de último acceso 30-08-2022).
- WOLFF ANTHONY, Lasee. F.; KANDING, Benjamin; SELVAN, Raghavendra, Carbontracker: Tracking and Predicting the Carbon Footprint of Training Deep Learning Models, *Department of Computer Science, University of Copenhagen*, julio 2020, pp. 10. Disponible en: [2007.03051.pdf \(arxiv.org\)](https://arxiv.org/pdf/2007.03051.pdf) (Fecha de último acceso 13-09-2022).