

LA ÉTICA EN LAS APLICACIONES DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA SOCIEDAD SUSTENTABLE

Laura Alma DÍAZ TORRES
Instituto Politécnico Nacional
Escuela Superior de Cómputo
(México)

Alma Delia TORRES RIVERA
Instituto Politécnico Nacional
(México)

RESUMEN:

Este trabajo tiene como objetivo analizar las implicaciones éticas del binomio inteligencia artificial y sostenibilidad en una relación pragmática ante las transformaciones sociales que demanda la Cuarta Revolución Industrial (4RI). A través de un ejercicio argumentativo, utilizando técnicas de revisión bibliográfica, se obtuvieron artículos de bases de datos especializadas. El análisis documental mostró que la IA tiene una gran variedad de aplicaciones en todos los sectores de la sociedad. A partir de los resultados de este estudio, se concluye que la IA es un pilar en la construcción de una sociedad sostenible. Su contribución a la reducción del uso de los sistemas energéticos, la conservación del agua y los ecosistemas con el uso de datos para el modelo de aprendizaje automático y las estrategias de intervención que incorporan visiones multinivel, se enfocan a la dinámica de los sistemas complejos en la construcción de soluciones para la sostenibilidad ambiental.

Palabras clave: Sustentabilidad, ética, inteligencia artificial.

ABSTRACT:

This work aims to analyze the ethical implications of binomial artificial intelligence and sustainability in a pragmatic relationship in the face of the social transformations demanded by the Fourth Industrial Revolution (4RI). Through an argumentative exercise, using bibliographic review techniques, articles were obtained from specialized databases. The documentary analysis showed that AI has a wide variety of applications in all sectors of society. Based on the results of this study, it is concluded that AI is a pillar in the construction of a sustainable society. Its contribution to reducing the use of energy systems, water, and ecosystem conservation with the use of data for the machine learning model and intervention strategies that incorporate multilevel visions, system dynamics approaches in the construction of solutions for environmental sustainability.

Keywords: Sustainability, ethics, artificial intelligence.

RÉSUMÉ :

Ce travail vise à analyser les implications éthiques du binôme intelligence artificielle et durabilité dans une relation pragmatique face aux transformations sociales exigées par la quatrième révolution industrielle (4RI). A travers un exercice argumentatif, utilisant des techniques de revue bibliographique, des articles ont été obtenus à partir de bases de données spécialisées. L'analyse documentaire a montré que l'IA a une grande variété d'applications dans tous les secteurs de la société. Sur la base des résultats de cette étude, on peut conclure que l'IA est un pilier dans la construction d'une société durable. Sa contribution à la réduction de l'utilisation des systèmes énergétiques, la conservation de l'eau et des écosystèmes avec l'utilisation de données pour le modèle d'apprentissage automatique et les stratégies d'intervention qui intègrent des visions multi-niveaux, des approches de dynamique des systèmes dans la construction de solutions pour la durabilité environnementale.

INTRODUCCIÓN

En el marco de los Acuerdos de París (2016), para responder a la crisis ambiental derivada del cambio climático, se impulsó un movimiento para la construcción de una sociedad sostenible e “impulsar el desarrollo y la transferencia de tecnología para mejorar la resiliencia al cambio climático y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero” (BID, 2021, p.27). La sociedad del siglo XXI que impulsa la 4RI demanda preguntarse cómo la tecnología es el vehículo de desarrollo sostenible (Linturi, 2015). Dicha transformación es vista como una gran oportunidad de cambio, pero también existen ciertas inquietudes y reservas ante los impactos sociales de la inteligencia artificial (IA), pilar de la 4RI, ante la coexistencia entre la humanidad y las máquinas.

La IA abre nuevos debates entorno a su aplicación. Existe una postura que afirma que la IA será la base de un mundo distópico lleno de conflictos, pobreza y sufrimiento por el aumento de los riesgos de ciberseguridad y los efectos adversos de los sistemas ciber físicos. En sentido opuesto, está la postura que plantea que la IA, como todo avance científico, en el marco de la evolución de la sociedad cristalizará en una contribución significativa a favor de la humanidad, es decir una IA que se construye progresivamente y privilegia el bienestar social fundado en principios éticos. Independientemente de esta confrontación de posturas, en algunos países se han impulsado proyectos y estrategias de carácter nacional de IA para abordar los desafíos con el imperativo de avanzar en la consecución de los ODS bajo las directrices de la Agenda 2030. Sin embargo, los dilemas éticos que plantean las aplicaciones de la IA en la construcción de un planeta sustentable no son tema prioritario de dichas iniciativas.

El avance es irreversible de la IA, mediante la introducción de máquinas, sensores, redes inteligentes y aprendizaje profundo, representa una opción para que los países enfrenten los retos del milenio. A partir de este razonamiento, el objetivo de este estudio es analizar las implicaciones éticas desde el binomio inteligencia artificial y sustentabilidad en una relación pragmática ante las transformaciones sociales de la 4RI.

El contenido de este artículo se divide en tres apartados. En el primero, se

ejemplifican las aplicaciones de la IA para la sustentabilidad. En el siguiente, se centra la atención en las leyes de la robótica de Asimov y los problemas éticos que se asocian a las aplicaciones de la IA. En la tercera sección se aborda las implicaciones de la IA para planificar los recursos y diseñar las medidas que apoyen el logro de los ODS, así como los aspectos éticos que están implícitos. Por último, se expondrán las conclusiones.

Breve apunte metodológico

El punto de referencia son las cuestiones éticas asociadas a la configuración de los procesos de cambio y efectos en el desempeño de las organizaciones asociadas a las transformaciones de la 4RI y los retos para lograr los ODS, para lo cual se ha fundamentado la reflexión a partir de la revisión de la literatura científica, para ello se inició el estudio con la (1) formulación de la pregunta que guio la selección y (2) recuperación de los artículos, así como (3) el análisis y síntesis para soportar con datos objetivos la (4) presentación de los resultados (Tricco et al. 2018). Para comenzar, se realizó un análisis del concepto de IA y su relación con la ética se realizó un estudio comparado de sus aplicaciones en la sustentabilidad con la consulta de las bases de datos especializadas electrónicas Scopus, Taylor & Francis, Springer, EBSCO, ISI Web of Science, Google Académicos y BidiUNAM se localizaron los artículos con las cadenas de búsqueda que incluyen las palabras clave: ética, inteligencia artificial, Agenda 2030 y sociedad sustentable.

La inteligencia artificial para la sustentabilidad

Bajo el término IA se agrupan todas las "teorías y técnicas utilizadas para producir máquinas capaces de simular inteligencia" (Lu, 2019), esta industria permite al hombre poner un sistema informático a resolver problemas complejos integrando la lógica. Más comúnmente, la IA refiere a máquinas que imitan características humanas específicas.

Los primeros indicios de IA se remontan a 1950 en un artículo de Alan Turing titulado "Computing Machinery and Intelligence". El matemático exploró el problema de definir si una máquina es consciente o no (Flasiński, 2016) con el "Test de Turing", que evalúa la capacidad de una máquina para mantener una conversación humana. Como campo científico válido, la formalización de la IA se remonta a 1956, en una conferencia en Estados Unidos celebrada en el Dartmouth College, influyendo en universidades como Stanford, el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) o incluso Edimburgo.

A mediados de la década de 1960, la investigación sobre IA en Estados Unidos estaba financiada principalmente por el Departamento de Defensa bajo el supuesto de que las máquinas tendrían la capacidad de hacer el trabajo de un ser humano en 20 años. Sin embargo, en 1974 llegó un periodo llamado "Invierno de la IA", en este momento, muchos expertos se ven obligados a cancelar proyectos debido a los recortes en la financiación de la investigación. Por lo que, en la década de 1980, los sistemas expertos y el desarrollo exponencial del rendimiento de los ordenadores (Ley de Moore) lo que impulsó que entre 1990 y 2000 se revitalizara el interés por la IA (Flasiński, 2016).

La IA entre 2000 y 2010 inspiró la producción de películas de "ciencia ficción" que presentaban escenarios más o menos realistas. La más significativa del nuevo milenio fue Matrix. A la que seguiría AI, de Steven Spielberg, estrenada

en 2001 e inspirada por Stanley Kubrick, luego *I, Robot* (2004), *Metrópolis* (1927), *Blade Runner* (1982), *Tron* (1982) y *Terminator* (1984) ya habían allanado el camino. Sin embargo, aún no sabía lo suficiente sobre la IA y sus aplicaciones como para imaginar escenarios completamente reales (Haenlein y Kaplan, 2019). En este período los ordenadores personales se volvieron cada vez más asequibles y los teléfonos inteligentes son un hecho.

En 2009, el MIT puso en marcha un proyecto que llevó a los científicos especializados en IA a reflexionar sobre las principales líneas de investigación en este campo. A principios de la década de 2010 fue decisiva para la IA la derrota de los dos campeones más destacados de Jeopardy ante Watson de IBM (Haenlein y Kaplan, 2019). Esto, lógicamente, provocó tanto tensión como emoción por la complejidad e incertidumbre que supone el avance de este campo, pero ante la dinámica de la 4RI se garantiza la integración masiva de la IA, ejemplos son los vehículos autónomos y los sistemas de recomendación de compras en línea. Estas nuevas tecnologías están invadiendo la vida cotidiana de la sociedad del siglo XXI. Es momento de reflexionar cuáles son las aplicaciones, cuáles son los límites, y cuáles son las amenazas de la IA. Esto es lo que se propone en este trabajo.

Aproximaciones teóricas de IA

La noción de *inteligencia artificial* (IA) se entiende en sentido amplio como cualquier sistema informático artificial que exhibe un comportamiento inteligente, es decir, un comportamiento complejo que logra objetivos. Supone la incorporación de una serie de máquinas, entre las que se encuentran las de "IA técnica", que sólo exhiben capacidades limitadas de aprendizaje o razonamiento, pero que sobresalen en la automatización de tareas concretas, así como las de "IA general", cuyo objetivo es crear un agente generalmente inteligente. La inteligencia artificial cuenta con la ayuda de la robótica, la ciencia de los datos y la informática (van Ginneken, 2017).

La inteligencia artificial se apoya en las aportaciones de diferentes disciplinas como la lógica, las matemáticas, la ciencia de los datos, la probabilidad y la estadística (Akerkar, 2019). Por lo tanto, el conocimiento fundamental de la Inteligencia Artificial (IA) se basa en:

- El aprendizaje automático es un componente integral de la ciencia de la computación y un campo relacionado con las tecnologías de información y comunicación (TIC), con un origen en los enfoques computacionales que tienen como objetivo automáticamente dar sentido a los datos mediante la identificación de patrones y realizar simulaciones.
- El aprendizaje profundo es el empleo de un proceso jerárquico de una arquitectura de muchas capas que utiliza una clase de técnicas de procesamiento de información no lineal para la extracción de características supervisadas o no supervisadas (Akerkar, R. (2019).
- Los sistemas expertos son algoritmos informáticos que pueden razonar a través de redes neuronales (nodos) para resolver problemas complejos y tomar decisiones con prontitud. El motor de inferencia de los sistemas expertos es la configuración adaptada al desarrollo de metodologías de personalización diseñadas para la solución pertinente de problemas complejos.

La inteligencia artificial es capaz de fabricar herramientas. Con el uso del aprendizaje profundo y aprendizaje automático, las máquinas crean algoritmos no lineales para el desarrollo del razonamiento al margen de la intervención del ser humano, dando la posibilidad de construir a partir de conceptos, información y retroalimentación máquinas autónomas que no se regirán por reglas dadas de antemano. Esto marca el inicio de la génesis de máquinas que alcanzarán la categoría de superinteligentes.

La IA tiene un carácter transdisciplinar que recorre y articula distintos campos de conocimiento para la innovación y el desarrollo de herramientas que resuelvan problemas globales y en particular los asociados al cambio climático. La inteligencia artificial (IA) está impactando significativamente el desarrollo de la humanidad. En este escenario, se han planteado cuestiones sobre qué se debe hacer, cómo se debe hacer, qué riesgos implican y cómo controlan (Henao, 2009).

Antecedentes de la Sustentabilidad

Algunos expertos reconocen la Agenda 21 como el primer precedente de la sustentabilidad, que la Comisión Mundial sobre Desarrollo y Medio Ambiente elaboró en 1987. No fue hasta 1992 cuando se promovió la Agenda 21 como marco de actuación para fomentar estrategias que minimicen las emisiones de gases de efecto invernadero. En la Cumbre de la Tierra +5, celebrada en Río de Janeiro en 1992, se redefinió el equilibrio entre necesidades e intereses con la Declaración de Río y una definición de bosques. La firma del Protocolo de Kioto en 1997 reafirmó el compromiso de las naciones para combatir el cambio climático, que entró en vigor en 2005.

En 2002, la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible, conocida como Río +10, celebrada en Johannesburgo, examinó los resultados de la Agenda 21 de protección del medio ambiente con el fin de unificar los esfuerzos y las capacidades de las partes implicadas para abordar los problemas de la pobreza, el consumismo, la globalización, los derechos humanos, el capital natural y la gestión. Se acordó que los países desarrollados deberían ayudar a establecer niveles más eficientes, democráticos y responsables de actuación medioambiental, promoviendo la cooperación internacional, con el apoyo del sector privado como motor del desarrollo sostenible.

La equidad social y la garantía de la protección del medio ambiente en un planeta cada vez más poblado fue el tema central de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, celebrada en Río de Janeiro en 2012, que se celebró para establecer mecanismos para construir una economía verde y mejorar la coordinación internacional. Con los trabajos de la Cumbre de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible celebrada en Nueva York (2015), se formuló la Agenda 2030 para la Sustentabilidad y la Transformación de nuestro Mundo, un plan de acción vigente desde el 1 de enero de 2016, que rige los esfuerzos de los países para lograr un mundo sostenible en 2030.

Es en 2016 que se firma el Acuerdo de París, aquí se estableció como prioridad la formulación de políticas públicas, inversiones y soluciones financieras que promuevan el uso de la tecnología verde y acciones para lograr la seguridad energética en el desarrollo económico. En este marco, la conciencia ambiental se consideraba el factor crítico para combatir la crisis socioambiental del siglo XXI: para contrarrestar la extinción de especies animales y vegetales, el detrimento de

las reservas de agua, la contaminación y acidificación del suelo, la escasez de alimentos, la desertificación, el debilitamiento de la capa de ozono y el almacenamiento de residuos peligrosos y nucleares.

En este sentido, entre las principales aplicaciones de la inteligencia artificial destacan el profundizar en la comprensión científica del cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la deforestación mediante simulaciones. Las tecnologías de IA ofrecen herramientas para conservar los ecosistemas, detectar a los cazadores furtivos, y la minería ilegal, entre otros (Dauvergne, 2021).

De acuerdo con Hatti, et al. (2020) se han desarrollado y probado predominantemente modelos de aprendizaje de máquinas utilizando técnicas de regresión lineal, algoritmo genético, red neuronal artificial, máquina de vectores de apoyo, modelo de media móvil autorregresiva. Por ejemplo, en el control de rechazo activo de perturbaciones (toma de decisiones con base en el entorno) para un sistema de conversión de energía eólica basado en un generador síncrono de imanes permanentes que proporciona un nivel de rendimiento dinámico bajo la variación de la velocidad del viento y las perturbaciones de la red.

Otra aplicación, con el uso de algoritmos recursivo se desarrolló la técnica de superposición centrándose en el principio de inclusión-contracción, a partir de la toma de decisiones basadas en el aprendizaje, para introducir la optimización de la retroalimentación de salida para mejorar el rendimiento del sistema de energía en los edificios inteligentes y aumentar la robustez de sus controladores conectados directamente a los actuadores para minimizar el consumo de energía mediante los actuadores.

Del mismo modo, en el estudio de los ecosistemas se ha desarrollado el procesamiento del lenguaje natural (NLP), con el uso de sistemas expertos, el reconocimiento de patrones y los modelos de lógica difusa, para el modelado del hábitat para la conservación de especies y protección de los recursos naturales.

En la tabla 1 se aprecia que el binomio de la inteligencia artificial-humana, presente en las transformaciones sociales que demanda la 4RI. Con la creación de algoritmos se da un proceso continuo de construcción de posibilidades y alternativas para la construcción de una sociedad más justas, solidarias, inclusivas y comprometidas con el medioambiente.

Tabla 1 Aplicaciones de la Inteligencia Artificial.

Campo	Descripción
<ul style="list-style-type: none"> Bienestar y salud mental 	<p>La aplicación plataformas online centrada en conectar a los pacientes con los terapeutas para sesiones de terapia de vídeo o por teléfono. En Nueva Zelanda y partes de Australia están usando la aplicación Ripple del Grupo Australiano de Trauma Infantil. En el caso de la alimentación se aplican modelos de transferencia profunda basado en redes neuronales convolucionales profundas para reconocimiento automático</p>
<ul style="list-style-type: none"> Cambios demográficos 	<p>En el campo de la educación para reconocer los cambios en la tendencia y personalizar el aprendizaje. Por ejemplo, el número de estudiantes es educación superior será menor en los próximos años y se observa que las mujeres <i>millennials</i>,</p>

-
- Equidad y prácticas justas

quienes demandaran servicios educativos, lo que representa un retroceso con respecto a los *Baby Boomers* y la Generación Silenciosa.

Los sistemas expertos son integrados a entornos de aprendizaje personalizados que generan información para los docentes y autoridades educativas que sirven de soporte para detectar estudiantes que están en riesgo de abandonar la escuela.

Fuente: Adaptado de The Horizon Report: Trends por EDUCAUSE, 2021.

Las 4RI configuradas por las tecnologías están remodelando los estilos de vida y las perspectivas económicas de los sectores industriales. Los objetos inteligentes (Internet of Things, IoT), los sistemas ciberfísicos, el uso de la computación en la nube, el análisis de las macro bases de datos y las TIC están reconstruyendo las estructuras sociales con el avance de la digitalización que se traslada a la pantalla. A través de las aplicaciones en los dispositivos móviles, sobre todo si tenemos en cuenta que hoy en día es posible hacer muchas actividades de forma virtual, por ejemplo, consumir, estudiar, fabricar o conducir un coche sin piloto con el uso de las tecnologías digitales y la inteligencia artificial (Morrar, Arman, & Mousa, 2017).

Como actor crítico en el progreso del conocimiento y el avance tecnológico de la sociedad del siglo XXI, la formación del futuro ingeniero requiere la capacidad de vincular el progreso tecnológico con el sentido social (Stiglitz & Greenwald, 2014). La principal aportación de este estudio es para los futuros ingenieros en inteligencia artificial, ya que es fundamental centrarse en el papel social de la ingeniería del conocimiento avanzada, la creación de sistemas expertos y los sistemas basados en el conocimiento. Existen varias posturas contradictorias sobre los beneficios y perjuicios derivados de la robótica y la inteligencia artificial, como se muestra en la serie de Netflix "Better Than Us."

La IA es el conjunto de conocimientos tecnológicos para la innovación y el desarrollo de herramientas que resuelven problemas, desde un enfoque interdisciplinario de las ciencias físicas y matemáticas (Krick, 2005). Los avances de la ciencia en una construcción continua y dinámica de posibilidades y alternativas se apoya en las organizaciones sociales para generar nuevas formas de convivencia (Stirling, 2019). La IA es el principal motor del dinamismo, que de acuerdo con Turing es la base para albergar la cognición en un conjunto de operaciones recursivas que modifican constantemente la estructura de la ingeniería del conocimiento.

En el escenario de la 4RI, las personas son las que comprenden y transforman con base en los problemas de la sociedad. Operan los sistemas para hacer predicciones y generar juicios que apoyen la optimización, tanto en el uso de los recursos como en la toma de decisiones. Es entonces pertinente reflexionar sobre los límites de la inteligencia artificial, que se enfrenta al sujeto condicionado a los esquemas mentales y al pensamiento lineal y mecánico, que cuestiona los límites y la legitimidad de la inteligencia artificial.

La amenaza vinculada a la IA es que, con la globalización, las tecnologías parecen destinadas a avanzar de forma tecnocrática y atemperada por el interés de los ecologistas en comprender las formas expansivas de sus efectos. Además,

mientras que algunas tecnologías de IA mejoran la eficiencia de la economía mundial, otras impulsarán una producción y un consumo insostenibles; crean nuevos retos, a veces incluso más importantes, para la gobernanza del medio ambiente mundial y de los recursos naturales como bienes comunes en una sociedad sustentable se espera que se implique la IA para asignar recursos y formular medidas para garantizar la calidad de vida y construir el bien común como respuesta a las demandas del presente sin erosionar las oportunidades de su futuro planteando dilemas éticos asociados a la inteligencia artificial.

Es entonces, se argumenta que la IA debe centrarse en el uso de la tecnología y las diferentes ramas de las ciencias computacionales para transformar el movimiento de la acción colectiva y los procesos de toma de decisiones en la construcción de una sociedad sostenible en el marco de la 4RI.

Recorrido histórico del desarrollo de la ética de la inteligencia artificial

En la sección la atención se coloca en la relevancia de las cuestiones éticas de la IA desde la paradoja: el aprendizaje de las máquinas suplantarán la inteligencia humana. Con este propósito se expone la integración de los principios éticos en los sistemas de inteligencia artificial adquiere relevancia ante varias preocupaciones sobre el comportamiento moral de los seres humanos al diseñar, fabricar, utilizar y tratar con los sistemas de inteligencia artificial, lo que se suma a las preocupaciones sobre el comportamiento de las máquinas.

Las Tres Leyes de la Robótica son un conjunto de reglas que Asimov introdujo en su relato corto de 1941 titulado "Círculo vicioso", aunque ya habían sido presagiadas en algunos relatos anteriores. Las Tres Leyes, y la ley del cero, han impregnado la ciencia ficción y se mencionan en muchos libros, películas y otros medios de comunicación. Son de gran influencia en el pensamiento sobre la ética de la inteligencia artificial. En resumen, esta "ética de la IA" trata de las implicaciones de la IA en la realidad y no de la ficción.

La ética de la IA y la robótica suele centrarse en "preocupaciones" de diversa índole, lo que constituye una respuesta típica a las nuevas tecnologías. Muchas de estas preocupaciones resultan ser bastante atractivas (los trenes son demasiado rápidos para las almas); algunas son previsiblemente erróneas cuando sugieren que la tecnología cambiará fundamentalmente a los humanos (los teléfonos destruirán la comunicación personal, la escritura destruirá la memoria, las cintas de vídeo harán que las citas sean redundantes). Algunos son ampliamente correctos pero apenas relevantes (la tecnología digital destruirá las industrias que fabrican la película fotográfica, las cintas de casete o los discos de vinilo). Sin embargo, algunas son ampliamente correctas y profundamente relevantes (los coches matarán a los niños y cambiarán fundamentalmente el paisaje).

La ética de la IA y la robótica ha tenido una importante cobertura en la prensa en los últimos años: la prensa suele hablar como si los temas que se debaten fueran sólo predicciones de lo que traerá la tecnología del futuro. Ya sabemos qué sería lo más ético y cómo conseguirlo. En consecuencia, la cobertura de la prensa se centra en el riesgo, la seguridad y la predicción del impacto (por ejemplo, en el mercado laboral).

"Roboética" ("ética de los robots") es un término que se refiere a la moralidad de cómo los humanos diseñan, construyen, usan y tratan a los robots (Veruggio y Operto, 2007). En 1976, Joseph Weizenbaum afirmó que las aplicaciones de la

IA van en contra de los principios éticos al utilizarla para sustituir a las personas en puestos que requieren respeto y cuidado de los demás. Ya que este tipo de relaciones exigen sentimientos de empatía, por ejemplo, un representante de atención al cliente, un terapeuta, una niñera de ancianos, un soldado, un juez, un policía (Weizenbaum, 1976).

Asimov en *Yo, Robot* (1950) hace visibles los temores de la humanidad en una sociedad apocalíptica y de exterminio, donde la tecnología sobrepasa la capacidad de las personas para preservar la especie, que aparentemente en medio del siglo XXI sigue siendo una encrucijada la posible "atrofia del espíritu humano que supone pensar en nosotros mismos como ordenadores". Weizenbaum (1976) concibe el efecto más significativo en el desarrollo, avance y aplicación de la inteligencia artificial. Por otro lado, se reconoce la voluntad, el dinamismo y la creatividad de las personas para decidir cómo afrontar los diferentes retos y desafíos sobre el alcance y los límites de la inteligencia de las máquinas (Müller, 2020).

La interacción humano-humano la dota de singularidad para que no sea una opción a sustituir por robots. La dinámica social se caracteriza por una profunda preocupación por el medio ambiente, entre las presiones y la retórica de las amenazas de la IA y la legitimación de sus aplicaciones. Müller (2020) considera tanto la forma en que los seres artificialmente inteligentes pueden ser utilizados para dañar a los humanos como la forma en que pueden ser utilizados para beneficiarlos; por lo tanto, para construir sistemas de IA que se comporten éticamente, se comienza por explorar los dilemas éticos en los escenarios de aplicación.

En este sentido, para la humanidad, el desarrollo de la inteligencia artificial y sus aplicaciones para las próximas generaciones representaría una amenaza. Bill Hibbard (2008) sostiene que la IA afectará profundamente a la humanidad y plantea diferentes dilemas éticos a los desarrolladores. Los estudiosos del tema señalan que es una oportunidad en el horizonte del desarrollo de la IA dirigir sus esfuerzos a plantear los posibles escenarios en el marco de la complejidad de la relación hombre-máquina, modelar los comportamientos éticos en las aplicaciones de la inteligencia artificial y determinar las mejores prácticas de uso.

Encontrar una solución al problema del control de la IA es una tarea importante; puede ser, en Bostrom, "la tarea esencial de nuestra era". Se trata de construir sistemas mucho más poderosos que nosotros, y al mismo tiempo garantizar que esos sistemas permanecerán sin poder, para siempre.

Hasta ahora, las principales aplicaciones de la IA se han centrado en sistemas inteligentes que dan soporte a mejores para tomar decisiones, pero se espera que en el corto plazo sean las decisiones de una máquina con base en el comportamiento y las preferencias humanas la base de los procesos de optimización para diseñar sistemas energéticos de bajo impacto, garantizar una agricultura sostenible, conservar la biodiversidad, los recursos hídricos, la sostenibilidad del uso de la tierra, la gestión de los residuos y el control de la contaminación.

Reflexiones finales

En 2030, la competitividad de los países estará determinada por su capacidad de adaptarse al mundo digital (Schwab 2016). La digitalización del estilo de vida de

las personas de la sociedad del siglo XXI le permite la expansión de sus capacidades para comunicarse, conectarse, aprender y trabajar en espacios inteligentes (Sergi, Popkova, Bogoviz & Litvinova, 2019). La 4RI se caracteriza por un conjunto de innovaciones disruptivas como el Internet de las cosas, el Cómputo en la Nube, la Macrodata, la analítica predictiva, la realidad virtual, realidad aumentada e impresión 3D.

Así pues, la singularidad del ser humano vuelve a plantear el problema del concepto de IA. Es notable cómo la imaginación o la "visión" han desempeñado un papel central desde los inicios de la disciplina (McCarthy et al., 1955; Simon y Newell, 1958). En pocas décadas, se pasó de la idea de que "la IA es imposible" (Dreyfus, 1992) y "la IA es solo automatización" (Lighthill, 1973) a "la IA resolverá todos los problemas" (Kurzweil, 1999) o "la IA puede matarnos a todos" (Bostrom y Eliezer, 2014). Esto llamó la atención sobre las cuestiones que se han planteado y tienen que ser analizadas de cerca los efectos de los desarrollos tecnológicos, particularmente en el campo de la inteligencia artificial. Los cambios sociales se derivan de captar los nuevos problemas desde un enfoque filosófico que sirva de marco de referencia para aplicar los principios éticos que se deben aplicar a la IA.

No es seguro que el ingeniero pueda separar los problemas técnicos de los sociales. Los problemas técnicos, como la velocidad de procesamiento, la recursividad y el tratamiento algorítmico de los datos, pueden permitirnos comprender los principios científicos y desarrollar algoritmos. Sin embargo, los problemas sociales, que conciernen a la inteligencia humana para hacer frente a sus problemas sociales, están en función de su evolución como especie.

Desde el binomio inteligencia artificial-humana, frente a las transformaciones sociales que demanda la Cuarta Revolución Industrial, se reconocen las siguientes condiciones:

- La globalización y la innovación impactan en el desarrollo de la IA.
- La innovación es un principio fundamental en el diseño de soluciones a problemas ambientales.
- La aplicación del conocimiento IA tiene como propósito prioritario la construcción de una sociedad plenamente humana.

Parece claro que la inteligencia artificial aumentarán considerablemente la riqueza global. Aumentar la productividad es el eje de la riqueza, pone énfasis en el "crecimiento". Sin embargo, el aumento de la productividad es promotor del uso intensivo de los recursos naturales y condición que justifica que los seres humanos, en general, asignen parte del presupuesto público a la protección de la biodiversidad, conservación de ecosistemas y recursos naturales como una condición para generar beneficios sociales.

La inteligencia artificial genera diferentes formas de consumo, producción, comercialización y distribución que reconfiguran el papel del ingeniero en la sociedad, como, por ejemplo, participar en el desarrollo de:

- Aplicaciones de inteligencia artificial para la gestión de datos, información y contenidos digitales para diseñar intervenciones para la protección del medio ambiente.
- Aplicaciones de redes neuronales para la gestión de recursos naturales.
- Sistemas de alerta temprana aplicados a las catástrofes naturales.

- El ser humano está al centro de las decisiones sobre la dinámica en el desarrollo tecnológico del futuro.

Este nuevo escenario también exige liderazgo, gestión del tiempo, trabajo colaborativo, negociación e integración de equipos multifuncionales para lograr los objetivos de la Agenda 2030. Es así que la formación de ingenieros en IA deberán asumir el compromiso de utilizar sus conocimientos en la creación de algoritmos para diseñar soluciones creativas a los problemas actuales y futuros. Progresarán sin la necesidad de la intervención humana.

La IA contribuye a la reducción del uso de energía y a la transición del uso de energías renovables y la conservación de ecosistemas con base en el uso del aprendizaje entre máquinas, así como la formulación y ejecución de estrategias de intervención que incorporan visiones multinivel desde la dinámica de sistemas complejos en el desarrollo de soluciones para la sostenibilidad ambiental.

Agradecemos al Instituto Politécnico Nacional y las recomendaciones agudas de la profesora Lilian Martínez Acosta de la Escuela Superior de Cómputo para fortalecer este estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKERKAR, R. (2019). *Artificial Intelligence for Business*, SpringerBriefs in Business

ASIMOV, I. (1950). *I, Robot*. Doubleday. Recuperado de: <https://bit.ly/3gtBCnk>

ASIMOV, I. (1980). *In Memory Yet Green: The Autobiography of Isaac Asimov: 001* (1st Avon Printing ed.). Avon Books (P).

BOSTROM, N., & YUDKOWSKY, E. (2014). *The ethics of artificial intelligence*, 1, 316-334.

CORTINA O. A. (2019). Ética de la inteligencia artificial. In *Anales de la Real Academia de Ciencias Morales y Políticas* (pp. 379-394). Ministerio de Justicia.

DAUVERGNE, P. (2021). The globalization of artificial intelligence: consequences for the politics of environmentalism. *Globalizations*, 18(2), 285-299.

DREYFUS, H. P. (1992). *What Computers Still Can't Do: A Critique of Artificial Reason* (Revised ed.). MIT Press.

EDUCAUSE. (2021). *The Horizon Report: Trends*. Retrieved 17 January 2021, Recuperado de: <https://er.educause.edu/articles/2020/3/the-horizon-report-trends>

FLASIŃSKI M. (2016) History of Artificial Intelligence. In: *Introduction to Artificial Intelligence*. Springer, Cham. https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1007/978-3-319-40022-8_1

HAENLEIN, M., & KAPLAN, A. (2019). A Brief History of Artificial Intelligence: On the Past, Present, and Future of Artificial Intelligence. *California Management Review*, 000812561986492. doi:10.1177/0008125619864925

HATTI, M., & DENAI, M. (2020). Introduction to the Special Section on Artificial Intelligence in Renewable Energetic Systems. *Computers and Electrical Engineering*.

HENAO-CÁLAD y V. RODRÍGUEZ-LORA. (2009) "Modelo de conocimiento conceptual como apoyo a la Ingeniería del Conocimiento". *Ingeniare. Revista*

Chilena de ingeniería. Vol. 20 N° 3, pp. 412-424. Diciembre 2012. ISSN: 0718-3305. DOI: 10.4067/S0718-33052. Recuperado de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052012000300015

HIBBARD, B. (2008). Open Source AI. *ssec.wisc.edu*. <https://bit.ly/3mYkAAh>

KRICK, E. (2005). Introducción a la ingeniería y al diseño en la ingeniería / An Introduction to Engineering & Engineering Design (3 Tra ed.). Limusa.

KURZWEIL, R. (1999), *The Age of Spiritual Machines: When Computers Exceed Human Intelligence*, London: Penguin.

LIGHTHILL, J. (1973), "Artificial Intelligence: A General Survey", Artificial intelligence: A Paper Symposion, London: Science Research Council. Recuperado de: <https://bit.ly/3m794kV>

LINTURI, R. (2015). Technology as an enabler of sustainable well-being in the modern society. *Sitra Studies*, Recuperado de: <https://media.sitra.fi/2017/02/28142509/Selvityksia103.pdf>

LU, Y. (2019). Artificial intelligence: a survey on evolution, models, applications and future trends. *Journal of Management Analytics*, 6(1), 1-29.

MCCARTHY, J., MINSKY, M. ROCHESTER, N y CLAUDE E. S., (1955), "A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence". Recuperado de: <https://stanford.io/2K2pldw>.

MINSKY, M. (1988). *Society of Mind* (Illustrated ed.). Simon & Schuster. <https://bit.ly/37KeoV>

MORRAR, R., Arman, H., & Mousa, S. (2017). The fourth industrial revolution (Industry 4.0): A social innovation perspective. *Technology Innovation Management Review*, 7(11), 12-20.

MÜLLER, V. C. (2020,). Ethics of Artificial Intelligence and Robotics (Stanford Encyclopedia of Philosophy). Stanford Encyclopedia of Philosophy. Recuperado de: <https://stanford.io/3lVYMDT>

NISHANT, R., Kennedy, M., & Corbett, J. (2020). Artificial intelligence for sustainability: Challenges, opportunities, and a research agenda. *International Journal of Information Management*, 53, 102104. doi:10.1016/j.ijinfomgt.2020.102104

SCHWAB, K., 2016. The Fourth Industrial Revolution, World Economic Forum.

SERGI, B. S., POPKOVA, E. G., Bogoviz, A. V., & Litvinova, T. N. (Eds.). (2019). *Understanding Industry 4.0: AI, the Internet of Things, and the Future of Work*. Emerald Group Publishing.

SIMON, H.A. and ALLEN N. (1958), "Heuristic Problem Solving: The Next Advance in Operations Research", *Operations Research*, 6(1): 1-10. <http://dx.doi.org/10.1287/opre.6.1.1>

STIGLITZ, J. E. (2014). *Creating a learning Society. A new approach to growth. Development and Social Progress*. New York: Columbia University Press.

STIRLING, A. (2019). *Engineering and sustainability: control and care in unfolding of modernity*. Routledge Companion to Philosophy of Engineering, London: Routledge.

TANVEER, M., Hassan, S., & Bhaumik, A. (2020). Academic policy regarding sustainability and artificial intelligence (AI). *Sustainability* (Switzerland), 12(22), 1-13. <https://doi.org/10.3390/su12229435>

TRICCO, A. C., LILLIE, E., ZARIN, W., O'BRIEN, K. K., Colquhoun, H., Levac, D., ... Straus, S. E. (2018). PRISMA Extension for Scoping Reviews

(PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Annals of Internal Medicine*, 169(7), 467. doi:10.7326/m18-0850

van GINNEKEN, B. (2017). Fifty years of computer analysis in chest imaging: rule-based, machine learning, deep learning. *Radiological physics and technology*, 10(1), 23-32.

VERUGGIO, G., & OPERTO, F. (2007). The Debate on Roboethics. *Philosophy & Engineering*, 23.

WALDNER, J., & DUFFIN, W. J. (1992). *Cim: Principles of Computer-Integrated Manufacturing* (1.a ed.). John Wiley & Sons Inc.

WEIZENBAUM, J. (1976). *Computer Power and Human Reason: From Judgement to Calculation* (1st ed.). New York-San Francisco: W.H. Freeman and Company. Recuperado de <https://bit.ly/33UPUZa>

Yu, H., Shen, Z., Miao, C., Leung, C., Lesser, V. R., & Yang, Q. (2018). Building ethics into artificial intelligence. arXiv preprint arXiv:1812.02953. Recuperado de: <https://bit.ly/39TnBOl>