

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS

**USO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL DESARROLLO
SUSTENTABLE: ESTUDIO PARA DESARROLLAR PROPUESTAS DE
POLÍTICAS PÚBLICAS EN CHILE.**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL

AUTOR

VICTOR SEGUNDO MARCHANT HERNÁNDEZ

PROFESOR GUÍA

JAVIER ANDRÉS SCAVIA DAL POZZO

SANTIAGO DE CHILE, 12 DE JUNIO, 2023

Resumen Ejecutivo

Actualmente estamos viviendo una época de crisis en aspectos económicos, sociales y medioambientales que están empujando a la sociedad a tomar nuevas medidas para poder afrontar todos estos desafíos. Bajo este contexto, los ojos del mundo se posicionan sobre los usos y aplicaciones que puede tener, en los diversos campos del conocimiento, la inteligencia artificial, caracterizándose por su eficiencia, eficacia, mejora en la productividad, toma de decisiones y disminución de costos, entre otros aspectos positivos. No obstante, se corre el riesgo de que esta revolución, en la forma en que vivimos, trabajamos y nos relacionamos, deje de lado el bienestar común y los problemas mundiales que se afrontan actualmente, recayendo netamente en un uso económico y privado. Debido a lo anterior, resulta necesario que cada nación desarrolle nuevas políticas éticas y transparentes a la vez que se fomente y potencie el conocimiento sobre esta materia, con el objetivo de asegurar tanto un correcto uso como una rápida adaptación.

Debido a lo anterior, el presente informe tiene como objetivo demostrar los grandes usos de la IA en uno de los temas mundiales más importantes como es el desarrollo sostenible, el cual implica la conservación del medioambiente y la satisfacción de necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras. Esto se realiza con la finalidad de proponer dos políticas públicas en el país que permitan promover y avanzar en una IA sostenible.

La investigación llevada a cabo consta de tres grandes pasos: en primer lugar, se comprende la historia y el contexto, tanto mundial como nacional, del desarrollo sustentable y de la inteligencia artificial; en segundo lugar, se realiza una investigación de las actuales aplicaciones de la IA en pos del desarrollo sostenible y del bien común; finalizando con la

revisión de casos de éxito a nivel mundial de países y/o instituciones que han conseguido implementar con éxito los avances de esta tecnología en las políticas sustentables.

Los principales hallazgos encontrados concuerdan con que el uso de la IA potenciará enormemente el desarrollo sostenible, lo cual, en la presente década, resulta una urgencia dado lo lejos que aún se encuentran las naciones en conseguir los ODS y en los cambios climáticos que se han visto patentes últimamente. Sin embargo, estos usos deben estar acompañados de una fuerte regulación y gobernanza que aseguren un buen uso de las tecnologías basadas en IA y así evitar sesgos, falta de seguridad y un uso exclusivamente económico, ya que su avance no regulado podría resultar contraproducente para los objetivos del desarrollo sustentable.

En base a lo anterior, se propone que Chile desarrolle una política pública que promueva el uso de la IA en el desarrollo sostenible además de trabajar la gobernanza y ética de manera conjunta, abarcando las temáticas de IA y desarrollo sustentable en un solo cuerpo legal, incluyendo, de esta manera, leyes éticas que aseguren la transparencia, la equidad, la privacidad, la responsabilidad y la participación de la ciudadanía. Respecto a este último punto, se propone una segunda política pública que asegure la incorporación de equipamiento de IA en la educación y fomente la participación de la sociedad a través de un aumento en conferencias sobre este tema; todo esto con el fin de mejorar una enseñanza actualmente deficiente en términos de IA y estimular la innovación, para así poder desarrollar habilidades y conocimientos necesarios que permita abordar desafíos socioeconómicos y ambientales actuales y futuros a través de esta poderosa tecnología revolucionaria.

Palabras Claves: Inteligencia Artificial, Desarrollo Sustentable, IA Sostenible, Políticas Públicas, Tecnología, Medioambiente, ODS, Investigación y Desarrollo.

Abstract

We are currently living a time of crisis in economic, social and environmental aspects that are pushing society to take new measures to meet all these challenges. In this context, the eyes of the world are focused on the uses and applications that Artificial Intelligence can have in the various fields of knowledge, characterized by its efficiency, effectiveness, improved productivity, decision making and cost reduction, among other positive aspects. However, there is a risk that this revolution, in the way we live, work and relate to each other, may leave aside the common welfare and the global problems we are currently facing, falling purely on an economic and private use. Due to the above, it is necessary for each nation to develop new ethical and transparent policies while promoting and enhancing knowledge on this matter, with the aim of ensuring both a correct use and a quick adaptation.

Due to the above, this report aims to demonstrate the great uses of AI in one of the most important global issues such as sustainable development, which involves the conservation of the environment and meeting the needs of the present without compromising the needs of future generations. This is done with the aim of proposing two public policies in the country to promote and advance sustainable AI.

The research carried out consists of three main steps: firstly, the history and context, both global and national, of sustainable development and Artificial Intelligence is understood; secondly, an investigation of the current applications of AI in pursuit of sustainable development and the common good is carried out; ending with the review of successful cases worldwide of countries and/or institutions that have successfully implemented the advances of this technology in sustainable policies.

The main findings found agree that the use of AI will greatly enhance sustainable development, which, in the present decade, is an urgency given how far nations are still far from achieving the SDGs and the climate changes that have been evident lately. However, these uses must be accompanied by strong regulation and governance to ensure the proper use of AI-based technologies and thus avoid biases, lack of security and an exclusively economic use, since their unregulated advance could be counterproductive to the objectives of sustainable development.

Based on the above, it is proposed that Chile develop a public policy that promotes the use of AI in sustainable development in addition to working on governance and ethics together, covering the issues of AI and sustainable development in a single legal body, including, in this way, ethical laws that ensure transparency, equity, privacy, accountability and citizen participation. Regarding this last point, a second public policy is proposed to ensure the incorporation of AI equipment in education and encourage the participation of society through an increase in lectures on this topic; all this in order to improve a currently deficient teaching in terms of AI and stimulate innovation, in order to develop skills and knowledge necessary to address current and future socioeconomic and environmental challenges through this powerful revolutionary technology.

Keywords: Artificial Intelligence, Sustainable Development, Sustainable AI, Public Policy, Technology, Environment, SDGs, Research and Development.

Índice de Contenidos

1	Introducción	9
2	Marco Teórico	14
2.1	Evolución del Crecimiento Sostenible.....	14
2.2	Evolución y Diagnóstico del Desarrollo Sostenible en Chile.....	20
2.3	Evolución de la Inteligencia Artificial.....	25
2.4	Inteligencia Artificial en Chile	38
3	Aplicaciones de la IA en el Desarrollo Sustentable	52
3.1	Objetivos del Desarrollo Sustentable.....	59
3.2	Energías Renovables y Redes Eléctricas	65
3.3	Gestión Pública y Urbana	70
3.4	Sector Agrícola	74
3.5	Medio Ambiente y Cambio Climático.....	80
3.6	Medicina	84
3.7	Industria	87
3.8	Organizaciones.....	91
4	Situación Mundial y Casos de Éxito	93
4.1	Estados Unidos	94
4.2	China.....	98
4.3	Unión Europea	99
4.3.1	Finlandia	104
4.3.2	Dinamarca.....	106
4.3.3	Suecia	109
4.3.4	España.....	110
4.3.5	Grecia.....	112
4.4	Latinoamérica	113
4.4.1	Brasil.....	115
4.4.2	Argentina	116
4.4.3	Colombia	117
4.4.4	México	118
5	Propuesta de Políticas Públicas	120

5.1	Ética y Gobernanza en el Uso de la Inteligencia Artificial para lograr el Desarrollo Sustentable.....	120
5.1.1	Análisis y Justificación.....	120
5.1.2	Planificación, Beneficios y Costos.....	125
5.2	Implementación e Introducción de Equipamiento en IA en la Educación y Aumento en la Participación Ciudadana.....	134
5.2.1	Análisis y Justificación.....	134
5.2.2	Planificación, Beneficios y Costos.....	136
6	Conclusiones y Recomendaciones.....	142
7	Referencias.....	148
8	Anexos.....	158

Índice de Figuras

Figura 1: Proporción de personas que viven con menos de 1,90 dólares al día (2010-2015)	18
Figura 2: Proporción de la población con acceso a servicios básicos y de gestión segura de agua, saneamiento e higiene, 2000-2017 y crecimiento necesario (2017-2030) para alcanzar las metas (porcentaje)	19
Figura 3: Tasa de mejora de la intensidad energética primaria, 1990–2017 y tasa objetivo para 2017–2030 (porcentaje)	20
Figura 4: Resultados Índice ODS para América Latina y el Caribe	24
Figura 5: Diagrama de Venn que muestra la relación entre distintas subáreas de la IA.....	35
Figura 6: Porcentaje de capital de riesgo total por año (2012-2020) invertido en IA.....	36
Figura 7: Porcentaje de publicaciones acerca de la IA realizadas en conferencias por región entre 1990 y 2018	45
Figura 8: Inversión total en IA de enero 2018 a octubre 2019 en billones de dólares corrientes	50
Figura 9: Resumen del impacto positivo y negativo de la IA en los distintos ODS	55
Figura 10: Generación global de energía	66
Figura 11: Dimensiones e indicadores de una ciudad inteligente	73
Figura 12: Visualización de los mapas de zonas de manejo que definen particiones óptimas	79
Figura 13: Beneficios medioambientales globales de la aplicación de IA.....	84
Figura 14: Emisiones de CO2 de Chile y Dinamarca entre 1990 y 2019	108
Figura 15: Progreso desde la adopción de la Agenda 2030 (2015 - 2021), por ODS	114

Índice de Anexos

Anexo 1: Listado de los 17 ODS establecidos por Organización de Naciones Unidas en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible	158
Anexo 2: Listado de las 82 naciones más cercanas al cumplimiento de los ODS de las 163 rankeadas pertenecientes a las Naciones Unidas	159
Anexo 3: Tablero de desempeño para América Latina y el Caribe, 2021	160

1 Introducción

Actualmente la inteligencia artificial, también denominada IA, se encuentra presente en todos los ámbitos y áreas del conocimiento y no es difícil encontrar cientos de aplicaciones o procesos automatizados por robots o software. De hecho, para muchos científicos e investigadores nos encontramos en la cuarta revolución industrial y tal como afirma Schwab: “esta revolución está cambiando de manera fundamental la forma de vivir, de trabajar y relacionarnos unos con otros” (2016, p. 13).

Por otro lado, no es ningún secreto el consumo descontrolado de las materias primas del planeta que ha existido hasta el presente siglo, provocando una gran preocupación sobre las consecuencias que esto conlleva y a la vez, el aumento de concientización hacia el cuidado del medioambiente y sus recursos. En este contexto, surge la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo, que en 1987 llevó a cabo el Informe Brundtland, en donde se acuña por primera vez el concepto de desarrollo sustentable: “es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1987, p. 23). Desde este hito hasta el presente se han llevado distintas comisiones y reuniones entre países y organizaciones del mundo, en pos de impulsar acciones, principios éticos y nuevas instituciones orientadas al objetivo de conseguir un desarrollo económico compatible con la conservación del medio ambiente y con la equidad social. (Sustentabilidad UANL, 2022)

En esta materia, en 2015, los países miembros de las Naciones Unidas aprobaron 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) los cuales “constituyen un llamamiento universal a la acción para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y mejorar las vidas y las

perspectivas de las personas en todo el mundo” (ONU, 2021), fijando el 2030 como año para cumplir estos propósitos, siendo la actual década la más importante para reforzar las acciones conjuntas de los países, compañías y personas, en pos de lograr las transformaciones necesarias.

Sin embargo, a pesar de que las propuestas y convenciones entre países hayan comenzado hace más de 3 décadas los problemas ambientales continúan y muchos daños resultan irreversibles, por lo tanto, los esfuerzos necesarios deben redoblar y acelerarse para alcanzar las metas previstas. Por otro lado, la expansión de la pandemia de la enfermedad por coronavirus (COVID-19) que afectó al mundo en 2020 y 2021 golpeó a una economía mundial debilitada por el lento crecimiento y por una desigualdad cada vez mayor, cuyas consecuencias aún siguen presentes debido a la gran incertidumbre sobre la intensidad y duración de la pandemia, lo que aumenta las dificultades a corto y largo plazo de un desarrollo sustentable. No obstante, tal y como informa la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL):

Es mediante la movilización de recursos para financiar los ODS, la mejor implementación a nivel nacional y local, el fortalecimiento de las instituciones, la resolución de problemas mediante la cooperación internacional, y el aprovechamiento de la ciencia, la innovación y la tecnología que podremos centrarnos en los más pobres y vulnerables para no dejar a nadie atrás. (2020, pág.10)

Es en este último punto del texto citado en el que se enfoca el presente problema de investigación. Muchas veces se habla de la inteligencia artificial como una amenaza a las personas, ya sea como una alternativa para algunos trabajos sistemáticos, el temor de la conciencia en las máquinas o la necesidad de innovar constantemente en un mercado

competitivo. No obstante, este avance resulta beneficioso y necesario para muchas áreas, ayudando a mejorar la productividad, eficacia y calidad de los sistemas. Es por ello por lo que la presente investigación se basa en la importancia de utilizar y aprovechar la inteligencia artificial como uno de los principales métodos y planes a seguir para lograr el tan ansiado desarrollo sostenible y el cumplimiento de los ODS en esta “Década de Acción”.

Finalmente, y tal como ha sido mencionado anteriormente, el cambio climático y sus graves consecuencias son reales y es tarea de cada país y persona aplicar las transformaciones necesarias para asegurar una buena calidad de vida y un crecimiento económico que sea compatible con el cuidado del planeta. Por otro lado, estamos viviendo una cuarta revolución industrial cuyo principal actor es la inteligencia artificial, la cual estará más presente que nunca en la mayoría de los aspectos de nuestras vidas. Por ello, para poder alcanzar las metas sustentables, “debemos ser capaces de utilizar todo el potencial de la IA para el bien común, pero sin que suponga un compromiso o un intercambio entre valores sostenibles y el poder transformador de la tecnología” (Monasterio, 2021, pág. 5). Por consiguiente, en el presente estudio se investigará el impacto del uso de la inteligencia artificial para solucionar el problema del desarrollo sustentable, en donde nacen una serie de preguntas de investigación a las que se espera responder al final del trabajo: ¿Cuáles son los principales usos de la IA y las ventajas y oportunidades de ello? Aparte de crear programas y métodos en pos del crecimiento sustentable, ¿se puede disminuir el impacto hacia el medioambiente del uso de la IA? ¿Cómo la IA y el avance tecnológico influye en las decisiones sustentables de las compañías y en sus estrategias a seguir? ¿La IA es en definitiva la mejor respuesta o camino que tiene hoy en día el desarrollo sustentable? ¿Es posible aplicar métodos de inteligencia artificial en Chile para solucionar aspectos del desarrollo sustentable?

En base lo anterior, el objetivo del presente informe es: Analizar el impacto del uso de la inteligencia artificial en el crecimiento sustentable, mediante la investigación de aplicaciones actuales y futuras de esta tecnología, además de analizar casos reales de éxito en el mundo, con el fin de concluir si esta alternativa es factible para su aplicación en el país y en caso de que así sea, proponer políticas públicas que ayuden a promover e incluir el uso de la IA en el desarrollo sostenible de la nación.

Para poder lograr el objetivo general mencionado, es necesario establecer una serie de objetivos específicos, para que de esta forma se puedan cumplir pequeñas metas de investigación y análisis en pos de cubrir y satisfacer por completo la finalidad del informe.

- Conocer la evolución histórica de la inteligencia artificial y el desarrollo sostenible con el fin de comprender el contexto actual y las oportunidades de trabajar con ambos términos en conjunto.
- Conocer la evolución de la IA y el desarrollo sustentable en el país, para comprender el contexto nacional de ambas materias y analizar la posición actual para identificar tanto desafíos como oportunidades.
- Identificar los usos de la inteligencia artificial en Chile, para conocer el escenario actual del país en la aplicación de esta tecnología.
- Comprender la sinergia y el potencial que se tiene al trabajar con los conceptos de inteligencia artificial y desarrollo sostenible en conjunto, a través de la investigación de las actuales aplicaciones de estos términos y sus principales ventajas y oportunidades.
- Conocer casos de otros países que han podido resolver algunas áreas del crecimiento sustentable mediante la inteligencia artificial, para contar con una

base de las posibilidades u oportunidades de aplicar la IA en el crecimiento de la economía en Chile.

- Identificar las principales propuestas actuales y futuras de las aplicaciones de la inteligencia artificial en el desarrollo sustentable mediante un análisis exhaustivo de los distintos casos de éxito.
- Distinguir los campos más débiles de Chile en cuanto a las dos materias tratadas con el fin de comprender las oportunidades que podrían ofrecer la creación de políticas públicas que promuevan el uso de la IA en el desarrollo sustentable.
- Proponer políticas públicas en el contexto nacional, con el fin de simplificar la implementación de la inteligencia artificial en el desarrollo sustentable del país, teniendo en consideración conceptos claves como infraestructura, investigación e innovación.

2 Marco Teórico

2.1 Evolución del Crecimiento Sostenible

Los grandes avances tecnológicos y científicos del último siglo implicaron un rápido crecimiento económico e industrial que trajo consigo un cambio radical en el estilo de vida de las personas. Este fenómeno provocó que se ignoraran los efectos medioambientales a causa de la sobreexplotación de los recursos naturales, con el fin de satisfacer la gran demanda que causaba el desarrollo existente. Sin embargo, este auge encontró un limitante al sopesar en el daño causado al ambiente y a la indudable falta de recursos para mantener a la gran cantidad de población e industrias del planeta en los próximos años.

Desde la antigüedad, varios pensadores han discutido sobre las consecuencias medioambientales de las actividades económicas, como lo era la deforestación, la salinización del agua o la degradación de suelos (Montoya, 2018). Pero no fue hasta la revolución industrial en donde la preocupación se hizo patente dado el incremento masivo del consumo de recursos naturales que caracterizó esta época, trayendo consigo un gran número de problemas ambientales cuyos efectos siguen repercutiendo hasta el día de hoy. En este contexto surgieron distintas voces que teorizaban sobre las consecuencias del consumo sin control, como fue el caso de Thomas Robert Malthus (1766-1834), quién afirmó en su “Ensayo sobre el principio de la población” que mientras la población humana crece según una progresión geométrica, la capacidad de aprovechar los recursos del planeta crece al ritmo de una progresión aritmética, es decir, mucho más lentamente. Debido a esto, los recursos se agotarían hasta llegar a un inminente colapso. Por otra parte, David Ricardo (1772-1823) enunció en su teoría “Principios de economía política y tributación”, que la principal dificultad para el desarrollo no es el aumento de la población, sino la distribución de los

recursos, además, John Stuart Mill (1806-1873) describió el “Equilibrio estacionario” en donde el capital, el consumo y la población dejan de crecer, pero sin el empeoramiento de las condiciones humanas. Por último, Marie Jean Antoine (1743-1794), teorizó sobre una época caracterizada por seres humanos capaces de garantizar a las generaciones futuras felicidad y no solo la mera existencia. De esta forma, se remarcaban las principales preocupaciones por los daños ambientales provocados por las actividades humanas.

Ya en el siglo XX, se produce el mayor crecimiento económico en la historia luego de la Segunda Guerra Mundial, provocando a la vez un mayor desarrollo en la tecnología y en la invención e innovación. Este fenómeno causó una corriente dominante marcada por el optimismo de que, en caso de un recurso se volviera escaso, surgiría una nueva tecnología para suplir la necesidad (Montoya, 2018). No obstante, esto implicaba continuar con el desarrollo y aumentar la productividad del trabajo para hacer frente a los problemas y actuar con creatividad ante los cambios. De esta manera, en vez de prevenir el consumo excesivo de los recursos, se hablaba de adaptación.

Finalmente, en los años 60s y 70s, se logra una mayor concientización sobre este tema dadas las diversas y extensivas publicaciones y estudios sobre los daños ambientales a gran escala. Esta preocupación desembocó en el surgimiento de varias ONGs en defensa del medioambiente, como Greenpeace (1971) o Friends of The Earth (1969) además, el ecologismo se convirtió en una ideología, se celebró el Día de la Tierra por primera vez en 1970 y en 1972 se llevó a cabo la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano en Suecia, desarrollando así el primer programa centrado únicamente en cuestiones ambientales (Naciones Unidas, s.f.). Es en este período donde se debate sobre el crecimiento económico más frecuentemente donde, por un lado, los economistas apuntaban a la

continuidad de este, confiando en que la humanidad encontraría o crearía nuevos recursos a través del desarrollo científico y tecnológico, mientras que los ecologistas apuntaban directamente al detenimiento del crecimiento económico y parar con la explotación de los recursos naturales, entrando en conflicto los conceptos de desarrollo y conservación.

Es en este contexto en donde se comienza a buscar un concepto que pueda unificar por un lado la conservación, es decir, la protección de los recursos naturales y, por otro lado, el desarrollo, entendido como la explotación de estos recursos. De esta forma, surge el término de desarrollo sustentable o sostenible que busca que estos dos elementos, conservación y desarrollo, no se traten como asuntos separados y contrarios, sino como una búsqueda en conjunto.

Este término hace su primera aparición oficial en 1969, en un documento firmado por treinta y tres países africanos, bajo los auspicios de la Unión Internacional para la conservación de la Naturaleza (UICN). En este mismo año nace la Agencia de Protección Ambiental, cuyas directrices han influido de gran manera en el desarrollo de teorías y prácticas de las políticas medioambientales (Acciona, 2019). En la ley que constituyó la NEPA (National Environmental Policy Act), el desarrollo sostenible se definió como un: “desarrollo económico que pueda llevar beneficios para las generaciones actuales y futuras sin dañar a los recursos o los organismos biológicos en el planeta” (NEPA, 1969).

Luego, en los años 80s, se popularizó el paradigma del desarrollo sustentable, siendo ampliamente aceptado y usado gracias al informe “Nuestro futuro común”, elaborado por la Comisión de Naciones Unidas y presentado en la Comisión de Brundtland en el año 1987. Este informe se lleva el mérito de traer a primer plano todas las preocupaciones medioambientales, enfocándose en explicar cómo es posible lograr al mismo tiempo la

equidad social, el crecimiento económico y la protección de los recursos naturales, destacando el principio ético principal de la responsabilidad por parte de las generaciones de hoy hacia las generaciones futuras (de Vincentiis, 2012).

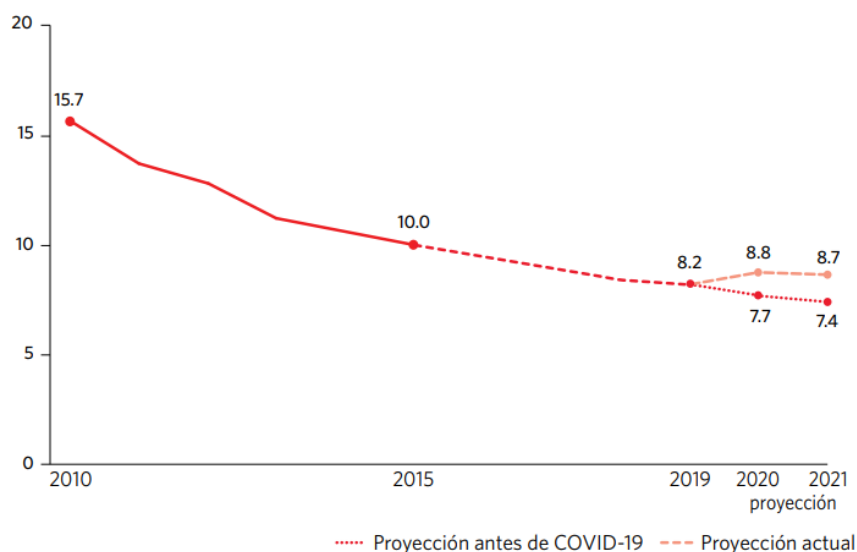
Esta Comisión fue la base para las futuras reuniones y conferencias llevadas a cabo entre naciones para debatir sobre los planes de acción mundiales, con el fin de avanzar en el aspecto de un desarrollo amigable con el ambiente. Una de las más importantes fue la “Cumbre de la Tierra”, celebrada en Río de Janeiro en el año 1992, la que condujo a la creación del “Programa 21”, un consenso mundial oficial sobre el desarrollo y cooperación ambiental. También, se diseñó la “Declaración de Río”, la cual contaba con 27 principios sobre alianzas nuevas y equitativas para la protección del ecosistema de la Tierra. En 1997 se produjeron una seguidilla de cumbres para mejorar la implementación del Programa 21, mientras que tres años después, en 2000, se establecieron 8 Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), revisados luego en los años 2005, 2008 y 2010, mientras que en 2002 se dio origen a un nuevo plan de acción. Ya en el año 2013, dos años antes de la fecha límite para cumplir los ODM, se celebra un acto especial para adoptar un nuevo conjunto de objetivos, los cuales vieron la luz el año 2015, conocidos mundialmente como “Agenda 2030”, la cual cuenta con diecisiete Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y distintos países siguen implementando diversas políticas y tecnologías para lograr cumplirlos antes de la fecha indicada.

Por último, el año 2020 marcó el inicio del “Decenio de Acción”, el período crítico para promover una visión sustentable y acelerar las respuestas a los principales cambios y desafíos que enfrenta el planeta. El Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de 2020 presenta un panorama general de los progresos realizados, pero también examina los

devastadores efectos de la pandemia COVID-19, que en un corto plazo ha creado una crisis internacional sin precedentes, perjudicando los avances en materia económica y de sustentabilidad.

Figura 1

Proporción de personas que viven con menos de 1,90 dólares al día (2010-2015).



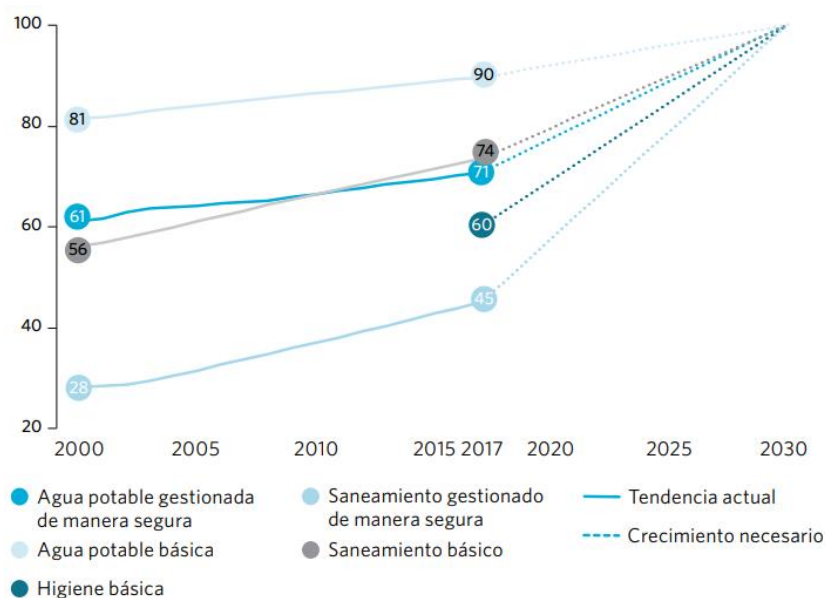
Nota. El gráfico proyecta la proporción de personas desde el 2015 y en 2019 realiza la comparación antes y después de COVID-19 (porcentaje). Extraído del Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, 2020.

Además, este informe también muestra que el cambio climático sigue ocurriendo mucho más rápido de lo previsto en base a angustiantes datos que dictaminan una desconfianza y mayor incertidumbre en alcanzar las ODS para el 2030. Algunos ejemplos son que el año 2019 fue el segundo más cálido registrado y el final de la década pasada fue la más cálida, la acidificación de los océanos se está acelerando, continúa la degradación de la tierra, existe gran cantidad de especies que están en peligro de extinción y los patrones de producción y consumo insostenibles siguen estando presente en la sociedad mundial

(Naciones Unidas, s.f.). A continuación, se muestran dos gráficos que aportan una visibilidad más cercana a lo mencionado anteriormente: por una parte, la [Figura 2](#), indica que la población con un acceso a agua e higiene ha aumentado, pero que la tendencia no es tan positiva como se esperaría, mientras que la [Figura 3](#), señala que las mejoras en la eficiencia energética (clave para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero) no alcanzan la meta de los ODS, suponiendo un gran desafío para los años venideros.

Figura 2

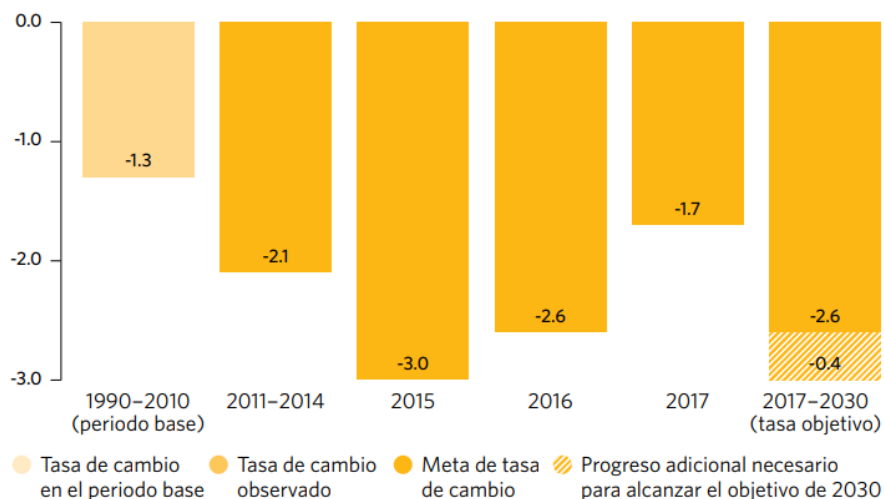
Proporción de la población con acceso a servicios básicos y de gestión segura de agua, saneamiento e higiene, 2000-2017 y crecimiento necesario (2017-2030) para alcanzar las metas (porcentaje).



Nota. Gráfico extraído del Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, 2020.

Figura 3

Tasa de mejora de la intensidad energética primaria, 1990–2017 y tasa objetivo para 2017–2030 (porcentaje).



Nota. Extraído del Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, 2020.

Debido a todo lo anterior, los esfuerzos de esta década y la siguiente deben estar concentrados en acelerar la implementación de políticas sustentables, el desarrollo de nuevas tecnologías y técnicas, la concientización mundial y la cooperación entre naciones para poder alcanzar los ODS propuestos y así asegurar el bienestar de las generaciones futuras.

2.2 Evolución y Diagnóstico del Desarrollo Sostenible en Chile

Una vez detallado el contexto mundial del desarrollo sostenible, es necesario estudiar el caso de Chile, ya que al ser un país tercermundista y con una economía más pequeña, su evolución en este campo es distinta y llega un poco más tarde que el resto del mundo, a pesar del gran esfuerzo que ha hecho el país para ser partícipe de la sustentabilidad.

Los primeros pasos a una economía sustentable se dieron en los años 90’s gracias a la existencia de tres pilares fundamentales que se requiere para apuntar al objetivo en

cuestión: el primero corresponde a un crecimiento económico sostenido con inserción internacional; el segundo tiene relación con la transición a la democracia que ocurrió en el país, ya que esto significa que, en el ámbito político, Chile también puede ser partícipe de las grandes corrientes contemporáneas en donde el tema de la participación democrática es una de las condiciones fundamentales y uno de los objetivos del desarrollo sustentable; en tercer lugar, desde el año 1990, se logra una reducción significativa de la pobreza, a pesar de que no fue acompañado por un mejoramiento en materia de equidad. Este “primer paso” del país se vio reflejado en la creación de la Ley de Medio Ambiente, dictada en 1994, en donde se establecen los criterios institucionales y regulatorios para orientar las acciones del Estado, del sector privado y de la ciudadanía dentro de esta materia.

Además, en el año 1990 se crea la secretaría Técnica y Administrativa de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, con el objetivo de preparar las bases para la nueva institucionalidad ambiental (Gobierno de Chile, s.f.). En 1992, Chile fue partícipe de la Cumbre del Medio Ambiente en Río, en donde por primera vez se elaboró un informe dando cuenta de la realidad ambiental del país y sus proyecciones para el futuro. Seguidamente, en 1993 se envía al Congreso el proyecto para la discusión de la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente y con ello, la creación de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). Dentro de este proyecto el presidente de ese entonces señaló que:

¿Cómo se ve la Tierra desde el espacio? Se aprecia una esfera envuelta en nubes, en donde sólo resalta la inmensidad del océano, la extensión de los desiertos y el verdor profundo de las zonas selváticas. Se ve, en definitiva, un planeta frágil y finito, casi insignificante en el escenario universal.

Esta visión de la Tierra nos enfrenta a una realidad que en nuestra vida diaria parecemos desconocer y negar: la existencia de un planeta con límites. La percepción nítida de las fronteras del planeta viene a subrayar la necesidad de adecuar el comportamiento de la humanidad a esos límites, que no podemos seguir vulnerando sin arriesgar la propia viabilidad de la vida futura sobre la Tierra. (Aylwin, P., 1993)

De esta forma, se marcaba la posición y visión del gobierno frente a la preocupación medioambiental de la época, así como la disposición de trabajar en pos de una mayor y mejor sustentabilidad dentro del contexto país. En los años siguientes se promulgaron los primeros planes de descontaminación atmosféricos y se dictaron las primeras normas ambientales, pero seguía existiendo la necesidad de una institución que contara con su propio peso político y no fuera dependiente a otro, como era el caso de CONAMA con el Ministerio de Secretaría General. Así fue como se desencadenó la creación del Ministerio del Medio Ambiente en el año 2010, uno de los mayores hitos del país para la lucha contra el cambio climático, en compañía del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA) y los Tribunales Ambientales (aunque estos últimos entraron a funcionar recién en el año 2017).

En los años siguientes se destacó el avance en el proyecto de ley para la creación del Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas, así como también hubo avances en materia de calidad del aire, con los planes de descontaminación atmosférica; en gestión de residuos con la promulgación de la Ley de Responsabilidad Extendida del Productor, y también, en mitigación y adaptación al cambio climático. A lo anterior se suma la prohibición por ley de entrega de bolsas plásticas en el comercio y la publicación de la Hoja de Ruta a la economía

circular de Chile en el 2018, un plan maestro para la transformación a un país cero residuos (Gobierno de Chile, s.f.).

En el año 2019 se creó el Programa Estado Verde, cuyo objetivo es que las instituciones públicas vayan incorporando en sus procesos administrativos y de gestión institucional, políticas y acciones más amigables con el medio ambiente. En este mismo año nace el Plan de Descarbonización de la Matriz Eléctrica del país con la meta de abandonar la producción de energía por combustión fósil antes del 2040 e instalar en su reemplazo, plantas generadoras a partir de energías renovables, como la solar o la eólica. Este plan contempla, en una primera etapa, que a 2024 cesarán sus operaciones las 8 termoeléctricas más antiguas del país, ubicadas en las comunas de Iquique, Tocopilla, Puchuncaví y Coronel (Ministerio de Energía, 2019). Juntamente con este proceso se desarrolla la Estrategia de Transición Justa en Energía y Sostenibilidad, ambos planes tienen como objetivo el cierre de 28 centrales para el 2040 paulatinamente, para no afectar la calidad de vida de los trabajadores y de la economía del país.

Como se puede ver en la [Figura 4](#), Chile se posicionó en el primer lugar del ranking de desarrollo sostenible de América Latina y el Caribe en 2020, un posicionamiento que se basa en el avance del cumplimiento de los 17 ODS que se derivan de la Agenda 2030 mencionada y detallada en la sección anterior, la cual también se puede ver en el [Anexo 1](#) para mayor comodidad del lector.

Figura 4

Resultados Índice ODS para América Latina y el Caribe.

Ranking	País	Puntaje	Ranking	País	Puntaje
1	Chile	73,68	13	República Dominicana	63,93
2	Uruguay	71,50	14	Surinam	62,98
3	Costa Rica	69,98	15	El Salvador	62,72
4	Ecuador	67,88	16	Nicaragua	62,57
5	Argentina	66,94	17	Paraguay	62,54
6	Perú	66,81	18	Trinidad y Tobago	60,34
7	Brasil	66,35	19	Venezuela	60,10
8	México	65,55	20	Honduras	58,09
9	Colombia	64,78	21	Belize	57,62
10	Bolivia	64,77	22	Guyana	57,42
11	Panamá	64,33	23	Guatemala	55,78
12	Jamaica	64,16	24	Haití	44,58

Nota. Extraído del Informe “Índice ODS 2019 para América Latina y el Caribe” (Centro de Desarrollo Sostenible para América Latina, 2020.)

Tal como mencionó el Centro de Desarrollo Sostenible para América Latina, Chile lidera el ranking por varios motivos:

Es el que ha presentado mayores avances en la reducción de la pobreza (ODS 1); en garantizar educación de calidad (ODS 4), agua y saneamiento (ODS 6); en fortalecer la industria, la innovación y la infraestructura (ODS 9); en la producción y consumo responsable (ODS 12), en la vida submarina (ODS 14) y en el trabajo por la justicia, la paz e instituciones sólidas (ODS 16). (2020, pág. 12)

Sin embargo, el avance promedio de la región resulta ser bastante modesto y si se mantiene anualmente el mismo ritmo, el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sustentable tomaría más de 50 años en conseguirse, una meta bastante lejana a lo comprometido en la Cumbre de París del 2015.

En la actualidad Chile cuenta con varias acciones en marcha, en donde se destacan el plan de descarbonización, la protección de especies en peligro por medio de áreas protegidas, y la conservación de los santuarios naturales del país. Además, continua con los esfuerzos para conseguir una sustentabilidad fuerte en esta década de acción para poder cumplir y acelerar los objetivos país que lo acerquen a un desarrollo sostenible.

2.3 Evolución de la Inteligencia Artificial

Una vez comprendida y estudiada la evolución del desarrollo sostenible en materia nacional e internacional, resulta necesario estudiar el caso de la inteligencia artificial y el cómo ha ido tomando forma a través de los años, siendo cada vez más parte en la vida cotidiana de las personas y empresas. De esta manera, se busca la relación e integración de los dos grandes tópicos de esta investigación con el fin de comprender el uso de la inteligencia artificial en pos de un crecimiento sostenible en el tiempo.

Si bien los inicios de la inteligencia artificial (IA) como concepto se remontan al término del siglo XIX e inicios del siglo XX, el origen como tal es mucho más antiguo, más precisamente en el año 300 a.C., cuando Aristóteles descubría de manera estructurada un conjunto de reglas, los llamados silogismos, que describen una parte del funcionamiento de la mente humana y que, al seguirlas paso a paso, producen conclusiones racionales a partir de las premisas. Luego, en el 250 a.C., Ctesibio de Alejandría construyó la primera máquina autocontrolada, la cual consistía en un regulador de agua que modificaba su propio funcionamiento, pero sin un razonamiento previo. A pesar de que por aquel entonces era impensable concebir un concepto de gran magnitud como lo es hoy en día la inteligencia artificial, estos hechos marcaron los cimientos de esta ciencia, señalando los primeros

indicios del deseo por construir máquinas que realizaran actividades humanas a través de un proceso lógico, automatizado y sistemático.

Cientos de años después, en el 1637, René Descartes, uno de los filósofos más influyentes e importantes del siglo XVII, predijo la posibilidad de crear máquinas inteligentes, capaces de tomar decisiones y pensar por sí mismas (B12 España, 2019). Avanzando un poco más en la historia, en el año 1842, la matemática y pionera de la informática, Ada Lovelace, programó el primer algoritmo destinado a ser procesado por una máquina, además, especuló que la máquina podría actuar sobre otras cosas además de los números, pronosticando que esta podría componer piezas musicales elaboradas y científicas de cualquier grado de complejidad o extensión (Abeliuk & Gutiérrez, 2021). Seguidamente, en el año 1847, el matemático George Boole argumenta por primera vez en la historia que el razonamiento lógico podría sistematizarse de la misma manera que se resuelve un sistema de ecuaciones, publicando su trabajo en “The Mathematical Analysis of Logic”. Treinta años más tarde, Gottlob Frege a partir de los estudios de Boole obtiene la Lógica de Primer Orden, la cual contaba con mayor énfasis y una mejor expresión, la cual aún es usada en la actualidad como referencia.

Ya entrando al siguiente siglo, en el año 1921, el escritor Karek Apek acuña el término “robot” en su obra de teatro R.U.R, cuya etimología proviene de la palabra robota, que en muchas lenguas eslavas significa “trabajo duro” (National Geographic, 2020). En 1936 entra en escena Alan Turing, considerado hoy en día como el padre de la computación moderna y de la tecnología de información. Este matemático introdujo el concepto de algoritmo a través de su artículo “Computing Machinery and Intelligence”, mediante el cual sentó las bases de la informática. Cinco años más tarde, en 1941, Konrad Zuse crea Z3, la

primera computadora programable y completamente autónoma, considerada como el primer ordenador de la historia moderna (National Geographic, 2020). En ese mismo año, Isaac Asimov argumenta las leyes de la robótica en su libro “Círculo Vicioso”, con una mayor visión e innovación de lo que sería la inteligencia artificial (B12 España, 2019). Luego, en 1943, Warren McCulloch y Walter Pitts presentaron su modelo de neuronas artificiales, el cual se considera el primer trabajo del campo de inteligencia artificial, aunque el término aún no había sido acuñado como tal.

Gracias a la creación del primer ordenador y de la teoría descrita en “Computing Machinery and Intelligence”, en 1950 el matemático Alan Turing diseñó el conocido “Test de Turing”, una prueba de comunicación verbal hombre-máquina que evalúa la capacidad de la tecnología de hacerse pasar por los seres humanos (Montagud, 2022). Este consiste en que un interrogador humano debe realizar preguntas a una persona y a una computadora siguiendo un formato y contexto específicos, en donde los 3 deben permanecer separados entre sí. Al finalizar, el interrogador debe decidir que encuestado era el humano y cual la máquina. Esta prueba era repetida cuantas veces como se quisiera y si el interrogador se equivoca más de la mitad de las veces en decidir quién es la máquina, se considera que el ordenador posee inteligencia artificial. Este método ha tenido diversas variaciones a lo largo de la historia, pero se sigue y seguirá usando en el ámbito de la inteligencia artificial y como un punto filosófico para discutir e investigar sobre el tema, planteando la gran interrogante que se hizo Turing décadas atrás: ¿Pueden pensar las máquinas?

Sin embargo, y pese a todos los hechos históricos y relevantes nombrados con anterioridad, el hito considerado como el momento fundacional de la “Inteligencia Artificial”, tanto del término como del campo de estudio, es una conferencia en Darmouth

en el año 1956 organizada por John McCarthy, Marvin Minsky, Claude Shannon y Nathaniel Rochester. En ella, los organizadores invitaron a unos diez investigadores para formalizar la IA como nuevo campo de estudio científico y acuñar el concepto de inteligencia artificial, definiéndolo como “la ciencia e ingenio de hacer máquinas inteligentes, especialmente programas de cómputo inteligentes” (TVP, 2019). Además, en esta conferencia plantearon la hipótesis para los próximos años que situaban la tecnología y la inteligencia artificial como algo que conviviría con los seres humanos.

En este sentido, y a modo de complementar y explayar el concepto acuñado en esta conferencia, la inteligencia computacional se puede definir como un agente racional flexible que percibe su entorno y lleva a cabo acciones que maximicen sus posibilidades de éxito en algún objetivo o tarea. Es decir, una máquina inteligente es capaz de resolver el problema que tiene delante escogiendo la mejor solución y la manera de aplicarla (Tauli, 2020). No obstante, nos encontramos ante una definición excepcionalmente amplia y un tanto vaga, en donde algunas antiguas operaciones han tenido que salir de lo que actualmente consideramos como IA debido al crecimiento de los conocimientos y aplicaciones de esta tecnología. En cuanto a lo técnico, el núcleo de la inteligencia artificial se encuentra en los algoritmos, en operaciones matemáticas que permiten resolver un determinado problema a través de un lenguaje de programación que permita programar a una máquina.

Seguida la conferencia, se marcó el primer boom de la inteligencia artificial, en donde se pueden destacar dos aspectos que contribuirían al desarrollo de la IA de la época. Por una parte, en el año 1957, el psicólogo Frank Rosenbalt diseñaba la primera red neuronal artificial, un gran hito que iniciaría el paradigma de la IA conexionista, también llamada emergente. Hasta esta fecha cuando se hablaba de inteligencia artificial se refería netamente

a la representación de la información mediante sistemas procesadores de símbolos, los cuales ocupaban algoritmos heurísticos, es decir, se basaban en procedimientos que representaban el conocimiento implícito o procedimental que poseen los humanos de forma explícita, utilizando símbolos y reglas (legibles por humanos) en programas informáticos. A este primer modelo se le denominó IA simbólica o clásica y demostró ser muy exitosa en las primeras décadas de la misma, logrando codificar el razonamiento humano en dominios de conocimiento específico (B12 España, 2019). Sin embargo, este modelo presentaba limitaciones a la hora de resolver problemas más específicos que necesitaran cierto “sentido común” y/o un aprendizaje sobre el tema para resolver e identificar los errores. Es en este contexto donde nace la IA conexionista que se basa en modelar la biología del cerebro, compuesto por redes neuronales biológicas. La característica principal de este paradigma es otorgarle a la máquina la capacidad de “aprender” al simular la conexión de las neuronas. Uno de sus precursores, como ya se mencionó al inicio del presente párrafo, fue Frank Rosenblatt, que, en 1958, propuso el “perceptrón”, unidad fundamental que hasta el día de hoy se utiliza para la creación y desarrollo de redes neuronales artificiales, impulsando aún más los avances de este paradigma (Abeliuk & Gutiérrez, 2021).

El otro punto de inflexión ocurrió en 1966, cuando Joseph Weizenbaum diseñó a ELIZA, el primer programa en incorporar el procesamiento del lenguaje natural humano, considerándose de esta forma como el primer chatbot creado (B12 España, 2019).

A pesar de vivir un auge en materia de inteligencia artificial con todos los desarrollos logrados hasta la fecha, las expectativas declaradas en la conferencia de Darmouth no se cumplieron, por lo que en 1970 se presenta una gran pérdida en el financiamiento de esta ciencia, impactando directamente en la investigación, estudios y avances que se llevaban a

cabo. Esto, en gran medida, fue provocado porque lo que llamamos inteligencia (natural) no es un concepto claro, y muchas disciplinas intentan explicarla a través de distintos enfoques y puntos de vistas, como lo es la psicología, la neurociencia o la filosofía, por lo tanto, si el concepto de inteligencia es tan abstracto, la inteligencia artificial también estaría caracterizada por diferentes corrientes que intentan darle un significado concreto (Mora, 2016), sin ponerse de acuerdo en los límites y/o el alcance de esta nueva ciencia y tecnología. Otro factor adicional a lo ya mencionado se puede encontrar en las diferentes voces que ponían en duda el valor de la inteligencia artificial y que tomó más importancia luego de la conferencia de Dartmouth, teniendo como claro ejemplo el documento de Geoffrey Jefferson, “The Mind of Mechanical Man”, en el cual indica que es imposible reproducir las características de la inteligencia y de la mente humana en un artefacto mecánico (Mora, 2016). Este neurocirujano concluye en lo que sería la meta de los científicos en temas de la inteligencia artificial y las máquinas, así como también sus miedos al futuro:

Estoy bastante seguro de que la extrema variedad, flexibilidad y complejidad de los mecanismos nerviosos son subestimados por los físicos, que naturalmente omiten todo lo que es desfavorable a un punto de vista. Lo que me temo es que surgirán muchas teorías airosas en el intento de persuadirnos en contra de nuestro mejor juicio. Hemos tenido una ardua tarea para disuadir al hombre de leer cualidades de mente humana en los animales. Veo un nuevo y mayor peligro que amenaza, el de antropomorfizar la máquina. (Jefferson, 1949, pág. 6)

Este receso también afectó en los paradigmas de la IA, pero sobre todo en el incipiente modelo conexionista. No obstante, en 1980 Geoffrey Hinton y sus colegas, redescubren y popularizan el método llamado “retropropagación”, el algoritmo que logra encontrar los

parámetros del modelo que minimizan su error, lo cual permite que una red neuronal de múltiples capas aprenda a partir de datos. Este avance resuelve las limitaciones de los perceptrones de Rosenblatt y crea un resurgimiento en la investigación del aprendizaje profundo que no se ha detenido hasta ahora. Es más, muchos avances y desarrollos basados en las redes neuronales tuvieron éxito donde la IA simbólica falló como, por ejemplo, el reconocimiento facial, detección del cáncer, traducción de idiomas y asistentes virtuales (Abeliuk & Gutiérrez, 2021).

En paralelo a lo anterior, en 1980, el filósofo John Searle introdujo la distinción entre la IA débil y fuerte a través de un artículo que provocó y sigue provocando mucha polémica. Según Searle, la IA fuerte implica que un ordenador convenientemente diseñado no simula una mente, sino que es una mente y por consiguiente debería ser capaz de tener una inteligencia igual o incluso superior a la humana, mientras que la IA débil consiste en construir programas que realicen tareas específicas, obviamente sin necesidad de tener estados mentales. También se asocia con la IA débil el hecho de formular y probar hipótesis acerca de aspectos relacionados con la mente (por ejemplo, la capacidad de razonar deductivamente, de aprender inductivamente, etcétera) mediante la construcción de programas que llevan a cabo dichas funciones, aunque sea por medio de procesos completamente distintos a los que lleva a cabo el cerebro. Cabe destacar que todos los avances logrados hasta el momento corresponden al campo de la IA débil y, es más, según Searle, alcanzar la IA fuerte es imposible. (López de Mántaras, 2018)

En esta época se vivió un repentino desarrollo tecnológico impulsado por el incremento acelerado de la capacidad computacional de los ordenadores que permitió que un volumen gigantesco de datos pudiese ser procesados a velocidades realmente impresionantes

para la época. Esto marcaba el comienzo de la era de la digitalización y desencadenaría una inversión sin precedentes en el área del desarrollo tecnológico (Graph, 2021), impulsando conjuntamente el desarrollo de las industrias y cambiando la forma de hacer las cosas hasta el momento. Lo anterior produjo que en los 90's la IA volviera a tomar impulso y un mayor protagonismo en la sociedad, conociéndose comúnmente esta década como la edad de oro de la inteligencia artificial. En estos años, la tecnología e innovación se tornó un medio para obtener una ventaja competitiva sobre las demás empresas de una determinada industria, por lo que aquella que no se sumasen a este nuevo cambio quedarían obsoletas e indudablemente quedarían fuera de un escenario que auguraba buenos resultados (B12 España, 2019). Por todo lo anterior, la inversión en el área de la tecnología, más precisamente, de la inteligencia artificial, permitió buscar formas de optimizar y mejorar procesos y sistemas de información ocupados hasta la fecha.

Un hecho importante se produjo en el año 1997 cuando la multinacional IBM dio a conocer a Deep Blue, un ordenador provisto de IA capaz de ganar en una partida de ajedrez al campeón del mundo Gari Kaspárov, demostrando la capacidad de las máquinas de adaptarse a un ambiente variable y más importante aún, el autoaprendizaje del software diseñado que le permitió a una máquina ganarle por primera vez a un humano. Durante esta época también surgen los agentes inteligentes, capaces de percibir su entorno y actuar de manera racional (B12 España, 2019).

Ya en el siglo XXI y con nuevas mejoras en los procesos tecnológicos, la inteligencia artificial ha crecido exponencialmente, obligando a todo el mundo mantenerse en constante desarrollo y evolución de eficacia y optimización. En la presente época han ocurrido sucesos bastantes destacables como la creación de la primera aplicación con capacidad para reconocer

la voz mediante el uso de IA, en el 2008 por parte de Google; la creación de un bot computacional llamado Eugene Goostman que en el año 2014 consiguió superar el Test de Turing, engañando a 30 de los 150 interrogadores, haciéndoles creer que estaban hablando con un niño ucraniano de 13 años y no con una máquina. Por otro lado, en el 2015 AlphaGo se convirtió en la primera máquina en ganar a un jugador profesional del milenario juego oriental “Go”, lo que significó un verdadero reto para la máquina, puesto que este juego plantea una gran complejidad (B12 España, 2019). Estos hechos remarcan el gran interés que existe por la IA y el cómo va ganando cada vez más terreno en diferentes áreas y ámbitos.

Estos grandes avances en el desarrollo tanto tecnológico como económico provocaron el nacimiento de nuevos paradigmas, los cuales abarcaban conceptos y definiciones que los dos primeros modelos dejaban de lado. El fuerte avance en el almacenamiento de grandes bases de datos ha posibilitado que el procedimiento orientado a los datos del mundo real sea factible, dado el surgimiento de hardware cada vez más potente, barato y confiable, además de la capacidad de internet para recopilar grandes cantidades de datos y la disponibilidad de almacenamiento para procesar los mismos. Esto posibilitó el modelo de la IA basada en datos o IA operativa, la cual se inspira en la idea de los algoritmos de fuerza bruta que se programan utilizando, fundamentalmente, la velocidad de procesamiento de la máquina. Estos son programas capaces de desarrollar actividades llamadas inteligentes sin imitar al pensamiento humano, basándose en el reconocimiento de patrones y en los algoritmos de aprendizaje automático (González, 2021).

Sumado al paradigma anterior, podemos encontrar el modelo colectivo, el evolutivo y el corpóreo. El primero resulta compatible con la hipótesis simbolista y consiste en diversos sistemas multiagentes, es decir, la inteligencia emerge de un gran número de

unidades interconectadas que en este caso son los llamados agentes inteligentes, los cuales tienen como característica la de ser una entidad más o menos autónoma, con conocimientos propios y de su entorno, así como la posibilidad de interactuar con dicho entorno y con otros agentes. Por contraparte, el modelo corpóreo rompe con la hipótesis simbolista, ya que no es la representación del mundo objetivo y su conversión en símbolos para ser procesados por una computadora sino, la actuación de la máquina en el entorno. Por último, el evolutivo se centra en la imitación del mecanismo evolutivo de los seres vivos, con el fin de que los programas de computadoras mejoren automáticamente las soluciones a los problemas para los que fueron programadas a través de algoritmos matemáticos conocidos como “algoritmos genéticos”. Estos son compatibles con la hipótesis simbolista y plantean soluciones a problemas de gran complejidad mediante un proceso de “evolución simulada”. (González, 2021)

Si bien las metodologías mencionadas anteriormente tienen distintas aplicaciones y definiciones, estas no son independientes entre sí, y tal y como se desprende del Diagrama de Venn mostrado en la [Figura 5](#), el aprendizaje automático, nacido de la IA simbólica, y el aprendizaje profundo, cuyo precursor es la IA conexionista, se relacionan el uno con el otro, compartiendo o mejor dicho, creando el alcance de la inteligencia artificial.

Figura 5

Diagrama de Venn que muestra la relación entre distintas subáreas de la IA.



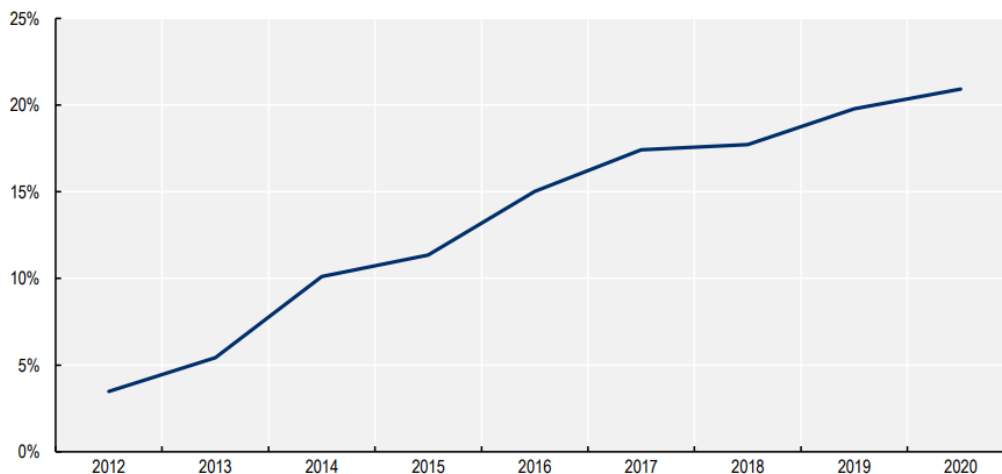
Nota. Extraído del informe “Historia y evolución de la inteligencia artificial” (Abeliuk & Gutiérrez, 2021).

A pesar de las maravillas que se cree que puede alcanzar la IA mediante las redes neuronales, existe una gran desventaja que limita el avance de esta materia producto de la gran cantidad de recursos computacionales y de datos que requiere. Por ejemplo, se estima que replicar los experimentos de AlphaGo costaría alrededor de 35 millones de dólares sólo en poder computacional (Marcus, 2019). Por otro lado, los datos deben ser cuidadosamente procesados para ser representativos y así poder generalizar correctamente y no producir resultados sesgados. Otra desventaja es que mientras los programas de software basados en reglas explícitas son fáciles de rastrear y comprender cómo llegaron a tomar ciertas decisiones, no se puede decir lo mismo de los algoritmos de aprendizaje profundo que, debido a su alta complejidad, son difíciles de interpretar y comunicar por humanos.

Actualmente, cada uno de nosotros se encuentra familiarizados con el término de inteligencia artificial, sepamos o no la técnica o códigos que hay detrás, de igual manera que las compañías lo están ocupando con una mayor frecuencia al descubrir el inmenso potencial transformador de esta tecnología, la cual está permitiendo optimizar recursos y procesos como nunca antes se ha visto. Este fenómeno está provocando que compañías de todo el mundo compitan por alcanzar mejores resultados, así como encontrar caminos más innovadores que el resto de su industria. Esto se puede ver reflejado directamente en el aumento de inversión que empresas y países han destinado al uso e investigación de esta tecnología, la cual tiene sus inicios en la década del 90 y no se espera que vaya a disminuir en los próximos años.

Figura 6

Porcentaje de capital de riesgo total por año (2012-2020) invertido en IA.



Nota. Extraído de OECD.AI (2021), procesado por JSI AI LAB, Eslovenia. Basado en los datos proporcionados por Prequin data. (Tricot, 2021)

Complementando la información anterior, un análisis de *moneytransfers.com* muestra que la inversión privada en IA en 2021 fue de 93.500 millones de dólares, más del doble que

en 2020. Mientras que para el año 2022 se proyectaba una inversión que superaría los 135.000 millones de dólares, creciendo a una tasa compuesta anual del 38 % de aquí a 2030 (Merry, 2022).

El desarrollo y potencial de la inteligencia artificial es innegable, por lo que se espera que en los siguientes años la financiación mundial crezca pronunciadamente logrando superar las limitaciones y los grandes costos asociados a esta tecnología y, tal como expresa Ritu Jyoti, vicepresidente de investigación de automatización e inteligencia artificial mundial en IDC: “Resulta evidente que la IA se encuentra en la cima de la innovación. Su nuevo foco son los procesos comerciales que mejoran las actividades humanas, los procesos y la planificación para facilitar la toma de decisiones y lograr mejores resultados” (2021). En estos últimos años el trabajo conjunto entre el machine learning o aprendizaje automático y el deep learning o pensamiento profundo han permitido una mayor especialización de los algoritmos detrás de las máquinas, lo que supone una mejora sustancial en la eficiencia de los sistemas, así como también de la capacidad de abstracción para resolver problemas. De hecho, los ordenadores están comenzando a solucionar problemas que antes sólo podía resolver un cerebro humano y es que el binomio inteligencia artificial e ingenio humano es el diferenciador para que las empresas escalen y prosperen en la era de la transformación digital (Ibeas, 2022). Gracias a esto, se han introducido una multitud de nuevos conjuntos de datos estimulando la investigación en subcampos de la IA como el procesamiento de lenguaje natural (NLP) y reconocimiento de voz y audio (Abeliuk & Gutiérrez, 2021), además, se ha producido una gran transformación en las empresas, convirtiéndolas en organizaciones más eficientes, permitiéndoles a los colaboradores poner el foco en cuestiones más estratégicas. Por otro lado, el potencial de los robots y máquinas ha alcanzado techos insospechados:

coches autónomos, ciberseguridad más eficiente, previsión de enfermedades, pronóstico más preciso del tiempo climático, movimientos económicos, etc. Sin embargo, se espera que solo sea la punta de iceberg de infinitas posibilidades que seguirán cambiando la forma de vivir de la sociedad.

Todo este desarrollo y progreso tecnológico no ha estado libre de importantes controversias sobre los límites éticos y los alcances que puede tener su implementación, además, esto abre el debate sobre la regulación que se debe tener sobre las nuevas aplicaciones de la inteligencia artificial, cuestión que está lejos de terminar y no es de extrañar que cada vez salgan más voces apoyando o desaprobando los avances tecnológicos. Pero, y a pesar de todo lo anterior, resulta inevitable el proceso evolutivo de las máquinas ahora que los obstáculos de desarrollo tanto desde el punto de vista de la capacidad de cómputo como de la escalabilidad de las estructuras analíticas forman parte del pasado (Graph, 2021). Por último, se tiende a identificar la habilidad de la IA como la capacidad de imitar el proceso cognitivo humano, sin embargo, la inteligencia artificial sobrepasa en varios sentidos los límites de lo que puede hacer un humano, mientras que en otras no llega a abarcar la naturaleza humana (Ciencia Canaria, 2017). Por lo tanto, esta ciencia aún debe descubrir sus propios límites y seguir evolucionando a una definición clara de lo que es inteligencia artificial.

2.4 Inteligencia Artificial en Chile

El desarrollo de la inteligencia artificial ha sido un evento que ha afectado a todo el mundo y que se ha visto potenciado con el proceso de la globalización desde inicios del presente siglo. Chile no ha sido la excepción a tales avances por lo que en este capítulo se analizará el desarrollo y situación actual de la IA que ha tenido el país en diferentes ámbitos

y áreas. Sin embargo, antes de entrar en materia, resulta relevante mencionar que la evolución histórica de la IA se presenta más como un hecho mundial y no sería muy adecuado presentar un análisis de este tema dentro del contexto nacional, como fue el caso de lo realizado para el desarrollo sustentable, ya que este último tiene cambios políticos y de acción más marcados para cada país. En cambio, la inteligencia artificial es una tecnología que se encuentra presente dentro de la economía y mercado mundial, tal y como ocurre con las telecomunicaciones, los productos de consumo y los software y hardware, en donde el avance o progreso encontrado es aplicado paralelamente dentro de las empresas más importantes y reconocidas del mundo, expandiéndose al resto de continentes y países. Por lo tanto, este capítulo se centrará en lo que es distinto para nuestra contexto nacional, como las políticas, su inversión dentro de la economía, investigaciones, entre otras cosas, realizando, en rasgos generales, un diagnóstico del uso de la inteligencia artificial en Chile.

Para realizar lo anterior, se describirá el desarrollo de la inteligencia artificial en el país en tres grandes áreas: empresarial, investigación y enseñanza y propuestas, finalizando con la descripción de dos informes elaborados por instituciones del Gobierno de Chile, en donde se detallan iniciativas y desafíos que presenta actualmente la nación.

En primer lugar, a nivel empresarial las técnicas de IA ya están comenzando a ser un *commodity*, esto es, están a disposición en el mercado regular y se están usando de manera generalizada, particularmente en lo que respecta al aprendizaje por medio de datos (Abeliuk & Gutiérrez, 2021). La IA se ha abierto paso en el terreno económico local, en donde el retail ha sido el sector económico de Chile que ha liderado la adopción de las nuevas tecnologías, a tal punto que las respuestas automáticas que se entregan en los servicios de atención o los sistemas de logística en reparto del mismo, han tomado fuerza y se encuentran cada vez más

inmersos en la industria, siempre en la búsqueda de la optimización de servicios y recursos, permitiendo incrementar la eficacia y la productividad para responder a las demandas de los clientes (Cádiz, 2022). Sin embargo, este avance no ha estado libre de diversas dificultades marcadas principalmente por la falta de capacitación y conocimiento sobre el funcionamiento de estos nuevos sistemas y a la falta de entendimiento de los consumidores cuando se enfrentan a las respuestas predeterminadas que contestan los chatbots, los famosos sistemas de respuestas automatizadas (Aguirre, 2018).

Siguiendo con el sector de retail, en Chile se están viendo desarrollos de herramientas con IA principalmente en gestión inteligente de stock, demanda de usuarios y combate de fraude. El primer tema resulta ser el más crítico ya que las empresas manejan una amplia cartera de productos y un gran volumen de inventarios, por lo que requieren contar con herramientas de análisis de datos que se correlacionen en tiempo real con las ventas, reposiciones y pedidos de los clientes. En este sentido, la IA y el machine learning monitorean la cadena de suministros y ventas, analizando cada proceso y enviando alertas para reponer productos o identificar con anticipación el stock. Por otro lado, con la masificación del e-commerce, las firmas han tenido que responder a los reclamos, al mismo tiempo que ha aumentado la competencia interna por la alta demanda de productos, generando un incremento de incidentes logísticos, con errores o retrasos en los pedidos. Las soluciones basadas en la IA permiten contar con herramientas que predicen el comportamiento de la demanda y las intenciones de compra, ofreciendo recomendaciones basadas en data a partir de los indicadores clave de rendimiento o KPIs (Key Performance Indicators), experiencia de usuarios y atención al cliente. Esta tecnología permite realizar cruces de variables complejas al instante y así ofrecer a las empresas las recomendaciones

adecuadas para centrarse en la gestión estratégica que permita tomar las mejores decisiones en los próximos ciclos de demanda. Ya en el tercer punto, el fraude digital ha sido uno de los factores más preocupantes del último tiempo debido al incremento de los negocios on-line señalado anteriormente. La IA y el machine learning cuenta con soluciones que tienen la capacidad de identificar casos de fraude en línea, ya que pueden analizar las compras a través de la base de datos de usuarios del negocio para correlacionar sus hábitos y rutinas con posibles movimientos o transacciones anómalas (Cádiz, 2022).

Como es posible distinguir, la IA y el machine learning entrega diversas e importantes herramientas para optimizar procesos, mejorar la calidad del servicio y la atención al cliente, herramientas que el sector de retail ha sabido darle una mayor utilidad dado que la pandemia sufrida los últimos tres últimos años ha provocado una proliferación de mercados online y un gran desafío de enfrentar rotaciones de inventarios y demandas nunca antes vistas, obligando a las empresas encontrar una solución en las nuevas tecnologías para competir en su entorno.

A parte del área de retail, los sectores de minería y eléctrico también han optado por implementar este tipo de tecnologías con el fin de simplificar tareas, hacer más eficientes sus procesos y abaratar costos de producción que aumenten las ganancias percibidas. En el primer caso la inversión ha estado focalizada en la conducción automatizada para ciertas labores de transporte de material, a pesar de que estos servicios no son desarrollados en territorio nacional sino exportados del exterior y aplicados en esta área. En el caso del sector eléctrico se ha logrado desarrollar una solución para combatir las millonarias pérdidas que provocaban los fraudes que generaban las personas que "se colgaban" a la luz, mediante un sistema tecnológico que identificaba este tipo de fugas (Aguirre, 2018).

En cuanto a desarrollos novedosos se pueden mencionar cuatro empresas chilenas que son bastante conocidas en la actualidad. Por un lado, está NotCo, cuyo logro es combinar la inteligencia artificial con el conocimiento del mundo vegetal para crear productos. En esta se usan técnicas de análisis de datos y visualización innovadoras. Otro ejemplo es Fintual, una Administradora General de Fondos, en donde se usan, por ejemplo, “bots de inversión” que permiten seguir ciertos índices para invertir de forma pasiva y a bajo costo o programas que permite analizar los datos históricos para proyectar los retornos futuros. El tercer ejemplo es CornerShop, que usa tecnologías de datos y analítica para su diseño de operaciones. Finalmente, un ejemplo de una empresa más pequeña es Zippedi, orientada a robótica de almacenes para optimizar digitalmente las estanterías, desarrollado e impulsado por un grupo de científicos y alumnos de la Universidad Católica. Además, existen muchas otras empresas tipo startup que están haciendo cosas como chatbots, aplicaciones de procesamiento de imágenes, bioinformática, etc., la mayoría aplicando investigación ya consolidada (Abeliuk & Gutiérrez, 2021).

No obstante, la mayor parte de las herramientas utilizadas en estas compañías y otros emprendimientos no son tecnologías propias, si no que aplican y/o reproducen lo usado internacionalmente por grandes empresas innovadoras como IBM, Amazon, Microsoft, Google, entre otros. Esto produce un estancamiento en el estado del arte industrial/comercial e impide la disposición de personal altamente cualificado que lleve a cabo los desarrollos de IA. La falta de masa crítica preparada para estos emprendimientos e innovaciones y la dependencia en herramientas que vienen desde el extranjero son dos aspectos críticos que se deben abordar prontamente. Más aún, incluso en proyectos de emprendimiento e innovación en IA que se presentan a fondos tecnológicos públicos como CORFO, se ha reconocido que

las propuestas tienen poco o nada de IA y sólo usan tal rótulo como estrategia de venta. En este sentido el informe desarrollado por el Senado de la República indica algunas sugerencias para contrarrestar la falta de desarrollo tecnológico nacional:

La generación de emprendimientos con IA requiere de cambios regulatorios y legales que permitan la creación de un ecosistema nacional que los potencie. En este sentido, si bien existen incentivos para que las empresas puedan invertir en I+D, se requieren de nuevos instrumentos que vayan directamente relacionados a fomentar innovaciones y emprendimientos basados en IA. En definitiva, hay que aumentar la inversión en I+D (que en Chile es del 0,36% del PIB mientras en la OCDE es de 2,34%), por ejemplo, actualizando la Ley de I+D con especial énfasis en IA. (2019, pág. 21)

Además, se indica que lo que debe primar sobre cualquier iniciativa es el bienestar social que traerá el uso de la IA en la mejora de procesos productivos, servicios, negocios, etc. Mientras que, por el lado del emprendimiento, sugiere que el Estado debe establecer mecanismos para que se pueda hacer uso del repertorio de datos en el desarrollo de nuevos productos y/o servicios con un alto grado de innovación basada en la IA (Senado de la República, 2019).

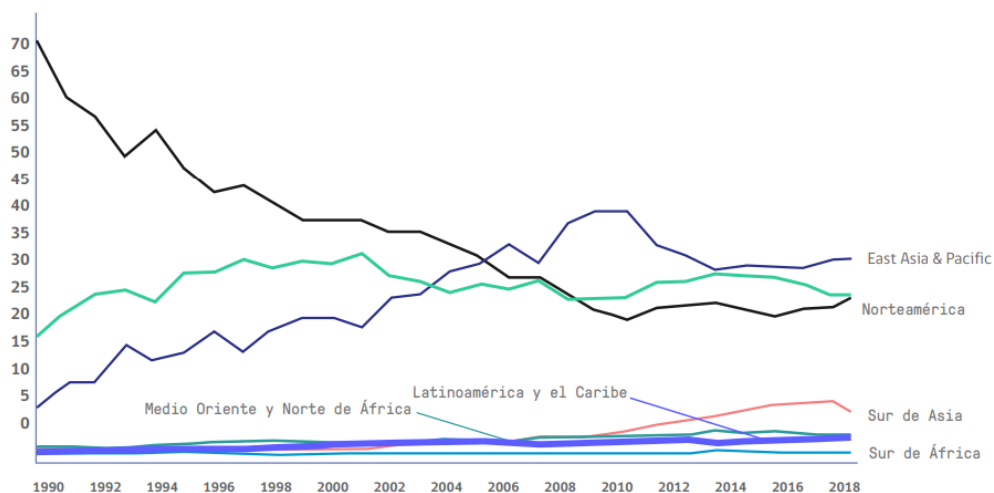
Siguiendo con otro aspecto, desde hace unos 14 años comenzó un proceso de radicación e investigación en las principales universidades de Chile (Aguirre, 2018), ya sea publicando regularmente en revistas o realizando conferencias de IA, contando con diversos grupos de calidad, pero aún escasos y disgregados entre las diferentes universidades. Entre ellos se destaca “IALab” de la Pontificia Universidad Católica de Chile, que tiene varios años y una buena infraestructura, sobre todo en su clúster de GPUs para IA. Otro grupo es el de

“Inteligencia Computacional del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Chile”, que está centrado en robótica y visión, procesamiento de señales y aprendizaje en este campo. De esta Universidad también es destacable el grupo “ReLeLa”, centrado en IA y NLP (Procesamiento de Lenguaje Natural). La Universidad de Concepción recientemente creó un grupo de IA enfocado a Sistemas Multiagente y Robótica. Por otra parte, hay muchos grupos en diversas universidades dedicados más bien a aplicaciones de IA en diferentes áreas, como empresarial, comercial, científica, social, etc., y luego publican sus resultados y/o análisis en revistas de esas disciplinas. Por ejemplo, el Instituto Data Science de la Universidad del Desarrollo aplica técnicas de IA en proyectos asociados a la minería y agricultura. Finalmente, hay muchos investigadores que trabajan más bien solos o con colegas de otras instituciones en diversas universidades a lo largo del país (Abeliuk & Gutiérrez, 2021).

Si bien existe investigación y desarrollo en algunas universidades nacionales, y hay interés en la industria, faltan especialistas validados, o masa crítica, que permita generar programas de estudio de mayor calidad, considerándose aún incipiente la relación empresa-universidad (Espinoza, 2021). No obstante, la mayor limitación es el sistema de financiamiento de I+D que está adaptado en gran medida a las ciencias básicas (Senado de la República, 2019). Por otro lado, en el país las noticias e investigaciones más importantes de la IA se realizan a través de revistas, mientras que en el contexto internacional se realizan mediante conferencias de primer nivel, por lo que la desventaja respecto a este estándar perjudica el avance y la generación de nuevo conocimiento en el área, además, esta deficiencia en las publicaciones a nivel nacional se extrapola a la región, tal y como se puede distinguir en la figura de abajo.

Figura 7

Porcentaje de publicaciones acerca de la IA realizadas en conferencias por región entre 1990 y 2018.



Nota. Extraído del informe “Primera Política Nacional de Inteligencia Artificial” (Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, 2021).

Fundamentando lo anterior, en el informe “Inteligencia Artificial para Chile” se explica porque resulta más beneficioso publicar las nuevas investigaciones en conferencias por sobre las revistas, dejando ver la necesidad de un apoyo para impulsar la adopción de IA en el país:

En Chile las publicaciones en conferencias de IA no son valoradas por las principales agencias del estado como Conicyt. Las 3 principales razones de publicar en conferencias son: 1) porque la calidad y el impacto de las publicaciones en conferencias top de IA (por ejemplo, AAAI o IJCAI) tienen mayor o igual impacto que las mejores revistas del área (por ejemplo, AIJ o JAIR); 2) porque la respuesta de aceptación o rechazo de trabajos tarda pocos meses, en lugar de años que puede tardar la respuesta de revistas; 3) se requiere respuestas rápidas debido a la velocidad de

avance del área. Tampoco se valora en su debido mérito el objetivo de solucionar problemas reales o concretos aplicando IA como finalidad última de un esfuerzo de I+D. En este sentido, resulta evidente que el sistema de apoyo o financiamiento para impulsar la IA debe ser adaptado a la luz de un plan estratégico nacional. (Senado de la República, 2019, pág. 20)

Respecto de la enseñanza, han proliferado los cursos de IA, así como diplomados y magíster en el área dictados por diferentes universidades y organizaciones. Esto muestra que la IA se ha convertido en un boom en Chile, por lo que se prevé un buen augurio para el desarrollo futuro de la inteligencia artificial en el país. Sin embargo, estas iniciativas son escasas y no se dan en una etapa más temprana de la educación, demostrando que no existe una estrategia nacional que asegure la vinculación de la IA con todos los ciudadanos tanto para su correcta inserción en un mercado laboral distinto, como en el aprovechamiento de ellas en su calidad de vida (Senado de la República, 2019). En este marco, distintas organizaciones e instituciones discuten sobre los usos de IA en diferentes áreas, entre ellas se destaca la Comisión “Desafíos del Futuro” del Senado, las universidades, las Fuerzas Armadas y el Ministerio de Ciencia y Tecnología (Abeliuk & Gutiérrez, 2021). De estas discusiones se han elaborado diversos documentos. Algunos ejemplos son:

- “Inteligencia Artificial para Chile. La urgencia de desarrollar una estrategia”, del Senado de la República
- “Ejército Virtual” de la Academia Politécnica Militar, y
- “Política Nacional de Inteligencia Artificial” del Ministerio de Ciencia

Aparte de las tres grandes áreas descritas hasta este punto, vale la pena destacar las principales iniciativas que mantienen agentes públicos e industrias, así como también la

situación de infraestructura que existe en el contexto nacional. Lo primero resulta útil para comprender los intereses sobre la IA y los desafíos que se deben abordar como país, abarcando diversos objetivos de implementación de IA en distintos contextos nacionales. Por parte del Estado de Chile se puede apreciar las iniciativas de:

- Proceso de Modernización del Estado, Agenda Digital y Gobierno Digital
- Política Nacional de Ciberseguridad
- Actualización de la Ley de Protección de Datos Personales
- Observatorio de Datos, del Ministerio de Economía.

Por otro lado, entre los actores de la industria nacional se observa una inquietud acerca de modernizar sus procesos con estas tecnologías, con el fin de mejorar su productividad y competitividad, destacando las siguientes iniciativas:

- La acelerada implementación del comercio electrónico.
- Mejoras en logística, distribución y almacenamiento.
- La incipiente creación de unidades de innovación en algunas compañías.
- La automatización de procesos productivos.

Estas dan cuenta de la necesidad de enfrentar los futuros desafíos y cambios producto del desarrollo de la IA, así como el creciente interés por adentrarse en esta materia. (Senado de la República, 2019)

Por otro lado, el estudio de la infraestructura en IA del país permite conocer el estado de las instalaciones donde se llevan a cabo investigaciones, innovaciones y emprendimientos sobre esta tecnología, siendo la base para el desarrollo de la IA en territorio nacional. En el

informe “Inteligencia Artificial para Chile”, se realiza un resumen efectivo sobre esta situación, la cual se cita a continuación:

Actualmente no existe infraestructura especializada que soporte la I+D de sistemas de IA, ni tampoco centros nacionales especializados en IA como ocurre en países más desarrollados. La excepción son iniciativas aisladas de infraestructura menor como laboratorios de IA, robótica, visión, reconocimiento de voz, entre otros, que se encuentran al interior de departamentos de Informática o Electrónica en universidades chilenas. La creación de una infraestructura nacional que permita el desarrollo de la IA traerá beneficios directos a la sociedad en su conjunto, permitiendo que las iniciativas aisladas de universidades y empresas potencien tanto la Investigación y Desarrollo, como la Innovación y emprendimiento de alto valor agregado. (Senado de la República, 2019, pág. 23)

La preocupación por integrar una estrategia nacional de inteligencia artificial se hizo patente en el informe desarrollado por el Senado de la República mediante la Comisión Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación en el año 2019, donde además de realizar un exhaustivo estudio del contexto nacional e internacional en esta materia, presentó los fundamentos que muestran la necesidad del país por desarrollar un plan estratégico que permita no sólo posicionar a la nación como líder tecnológico de la región, sino también abordar los desafíos de la automatización, mejorar la eficiencia, aumentar la productividad y fomentar la innovación y el bienestar social. Esta propuesta hacía eco al auge mundial que se venía dando dentro de esta materia, en donde la inversión subía año tras año y las proyecciones de los beneficios de la IA eran cada vez mejores, haciendo notar el gran impacto que estaba teniendo sobre las industrias en un corto plazo y, en contra parte, las grandes

desventajas comerciales que enfrentarían aquellos entes que no adoptaran este desarrollo. Es así como en octubre de 2021 Chile presentó su primera Política Nacional de Inteligencia Artificial y el Plan de Acción correspondiente, impulsado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, cuyo objetivo es:

Insertar a Chile en la vanguardia y colaboración global relacionada con IA, con un ecosistema de investigación, desarrollo e innovación en IA que cree nuevas capacidades en los sectores productivos, académicos y estatales, y que orientadas acorde a principios transversales de oportunidad y responsabilidad, contribuyan al desarrollo sustentable y mejoren nuestra calidad de vida. (2021, pág. 18)

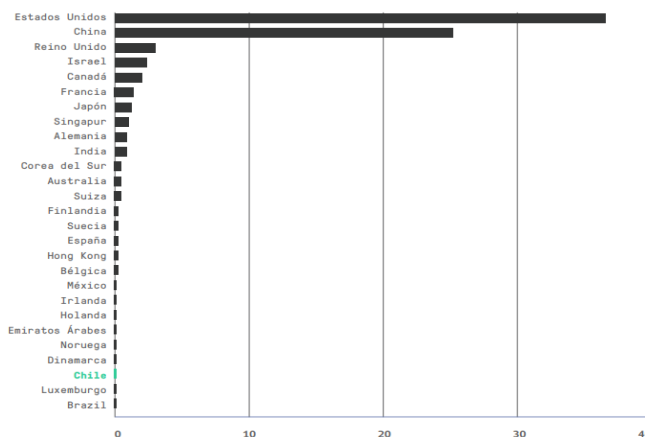
Los principios transversales que mencionan se fundamentan en cuatro ejes distintos: IA con centro en el bienestar de las personas, respeto a los derechos humanos y la seguridad; IA para el desarrollo sostenible; IA inclusiva; e IA globalizada. También establece los lineamientos estratégicos en tres ejes: el primer eje, Factores Habilitantes, se refiere a los elementos estructurales que posibilitan la existencia y el despliegue de la IA, como lo son el desarrollo de talentos, infraestructura tecnológica, y datos; el segundo eje, Desarrollo y Adopción, comprende el espacio donde se crea y despliega la IA, es decir, quienes generan, proveen y demandan sus diferentes aplicaciones y técnicas, que incluyen a la Academia, el Estado, el sector productivo y la sociedad civil; y el último eje, Ética, Aspectos Normativos, e Impactos Socioeconómicos, aborda las nuevas discusiones que han surgido a propósito de la interacción humano-máquina y el sistema socio-técnico que configura (Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, 2021). En complemento, el Plan de Acción reúne 70 acciones prioritarias y 185 iniciativas para aprovechar el potencial de la IA, con

impacto en ámbitos sociales, económicos y en la formación de talentos, contemplando una inversión pública de \$26 mil millones de dólares. (MinCiencia, 2021)

Concluyendo, en nuestro país, la adopción de la IA y su impacto en la productividad es aún baja y se encuentra lejos de los niveles necesarios para lograr que el desarrollo y la innovación prospere. Un estudio exploratorio en empresas realizado en Chile por la Cámara Chileno Norteamericana de Comercio (AMCHAM) y la Universidad del Desarrollo, encuentra que un 78% de las empresas encuestadas no utiliza los datos que tienen para tomar decisiones y se encuentra muy lejos de implementar sistemas de inteligencia prescriptiva en base a ellos (Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, 2021). Además, en la última encuesta de Tecnologías de la Información del Ministerio de Economía, se encontró que apenas un 2,2% de las empresas hacen uso del análisis datos (Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, 2020). Sumado a lo anterior, la inversión del país sigue estando muy por detrás de países desarrollados, tal y como se puede ver a continuación:

Figura 8

Inversión total en IA de enero 2018 a octubre 2019 en billones de dólares corrientes.



Nota. Extraído del informe “Primera Política Nacional de Inteligencia Artificial” (Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, 2021).

Este nivel de inversión mantenido por Chile se encuentra muy lejos de ser lo suficiente o necesaria para generar profundos cambios en la investigación, infraestructura y adopción de esta tecnología, los cuales forman parte de los mayores problemas a corregir en los próximos años.

Todos estos desafíos fueron abordados por la política nacional junto con su plan de acción respectivo que marca el camino a seguir y los objetivos específicos para lograr superar cada uno de ellos. Además, se busca crear indicadores y líneas base sobre el uso y la productividad de la IA con el fin de conocer el progreso en las iniciativas planteadas en la misma política y poder comparar estos resultados con otros países. A pesar de lo reciente de esta política y, en consecuencia, de los pocos o inexistentes datos de avances, se espera que Chile pueda adaptar y fomentar la IA en diversas áreas como el trabajo, innovación e infraestructura. No obstante, el país está bastante atrasado en esta materia y como se espera un desarrollo mundial bastante rápido e inminente, se deberían crear nuevas políticas e iniciativas que promuevan aún más la adopción y aplicaciones de la tecnología basada en la inteligencia artificial, para así no quedar rezagados en una carrera que se espera que sea de bastante competitividad, que implicará diversos y profundos cambios en la forma de vivir y relacionarnos como sociedad.

3 Aplicaciones de la IA en el Desarrollo Sustentable

Tal y como se habló en los capítulos anteriores, alcanzar el desarrollo sostenible es un gran desafío de la edad moderna que lamentablemente se ha visto retrasada por la crisis sufrida por la pandemia del COVID-19 y por la recesión económica que se está viviendo. Por otro lado, la inteligencia artificial está siendo responsable de una serie de transformaciones a nivel social e industrial, donde indiscutiblemente se espera que su impacto sea cada vez más amplio y cambie totalmente la forma en que vivimos. Además, el estudiar la historia y evolución de ambos temas en la sección anterior, permite comprender su importancia en la actualidad, en una década de acción y de competencia, donde las consecuencias del consumo indiscriminado de recursos naturales de siglos anteriores se hace cada vez más patente, a pesar de los esfuerzos de los países por detener este avance a través de los Objetivos del Desarrollo Sustentable, los que a su vez, corren el riesgo de no cumplirse faltando poco menos de 7 años para la fecha límite puesta por la Organización de Naciones Unidas. Paralelamente, se vive una transformación en la industria potenciada por las nuevas exigencias de los clientes y consumidores, tanto en el requerimiento de un nivel de servicio de mayor calidad como de la preocupación creciente por el cuidado del medioambiente, lo que se ve reflejado en la revisión del cumplimiento de las normas de sustentabilidad y los sellos ecológicos. Estos cambios tienen inherente un aumento en los costos, en la complejidad de los procesos internos y en el diseño de nuevas operaciones, como es el caso de la logística inversa para empresas que decidan realizar el reciclaje de sus productos. Esto impulsa a las industrias a buscar métodos que mejoren su productividad, así como su eficacia, eficiencia y calidad. Es así como últimamente se ha convergido a un trabajo conjunto de la IA y del desarrollo sustentable, en donde se aprovechan los usos de las nuevas tecnologías para

superar brechas y limitantes en diversas áreas, jugando un papel fundamental dentro de las empresas al permitir avances que nunca se han visto, tales como la disminución del tiempo, la mejora de productividad, el análisis de datos, entre muchos otros.

Combinar ambos conceptos establece una sinergia entre innovación y sostenibilidad que no solo es aplicable al mundo industrial si no que ayudará a todos los sectores a diseñar un planeta mejor, satisfaciendo las necesidades actuales sin comprometer a las generaciones futuras debido al cambio climático u otros grandes desafíos. En base a esto, y siguiendo la línea de los objetivos del presente informe, se establece que la inteligencia artificial es la gran aliada que el desarrollo sostenible necesita para diseñar, ejecutar, consultar y planificar un mejor futuro de nuestro planeta. Resulta crucial que una ciencia y tecnología con tanto potencial y con tanto por descubrir avance hacia la construcción de sistemas tecnológicos robustos y sustentables que puedan ayudar a utilizar recursos de una forma más eficiente y sostenible y a reducir y gestionar mejor los residuos que generamos para disminuir conscientemente la contaminación ambiental, entre muchas otras cosas (Acciona, 2019).

Dada la premisa de lo beneficioso que puede resultar la IA aplicada al desarrollo sustentable surgen una serie de preguntas sobre el tratamiento de estos dos grandes temas en conjunto: ¿Cómo puede la IA ayudar en el crecimiento sostenible? ¿Hay evidencia de que en verdad sea beneficiosa o es un ideología sin base? ¿Puede, por otro lado, dicha tecnología traer nuevos retos que dificulten conseguir este progreso? ¿Cómo se puede evaluar la IA en términos de sostenibilidad? ¿Los nuevos avances traerán más ventajas o más desventajas a un mundo con escasos recursos? ¿Cómo asegurarnos de que dichos avances tecnológicos se centren equitativamente en los distintos objetivos de desarrollo sostenible y no únicamente en aquellos con más potencial comercial?

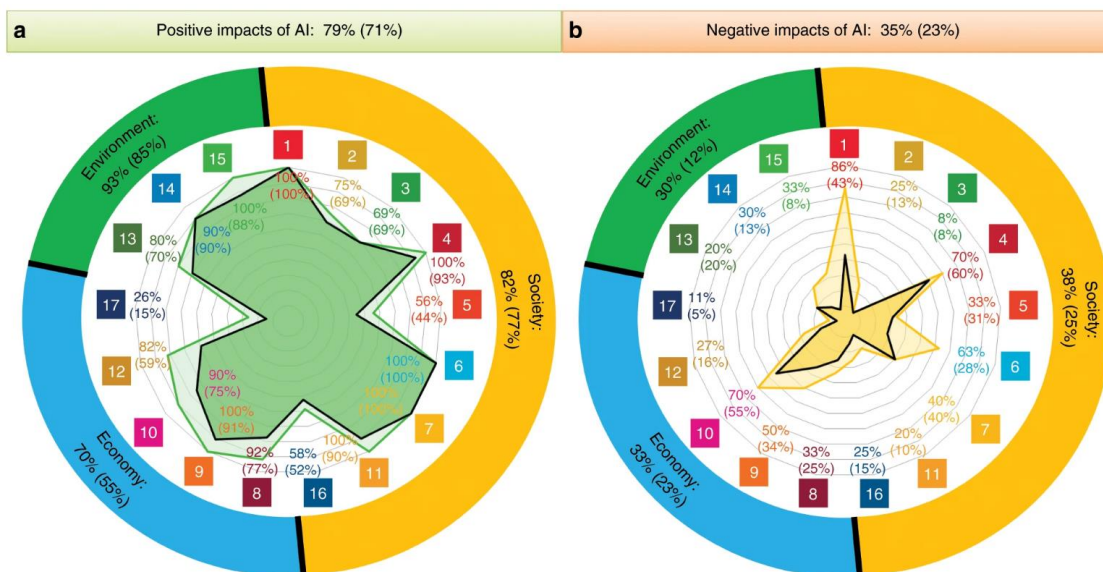
En base a lo anterior, en el actual capítulo se presentarán las actuales implementaciones que está teniendo la IA dentro del desarrollo sostenible en diversas áreas tanto industriales, energéticas o en mercados emergentes, además de compartir todas las ventajas y desventajas que ello conlleva. Sin embargo, antes es necesario empezar con el tema más urgente y complejo en este ámbito, que resulta ser el cómo la IA puede ayudar a cumplir con los ODS impuestos y el camino que debe seguir para convertirse en un catalizador para el desarrollo sustentable a la vez que se evita un uso no responsable que puede traer resultados totalmente contrarios y acrecentar diferencias sociales e impactar negativamente en el medioambiente. Dicho esto, el primer y principal tema por tratar es el camino que justamente debe tomar la inteligencia artificial.

Resulta obvio que los avances en la IA cambiarán radicalmente la forma en que vivimos, por lo que los esfuerzos deben estar dedicados a que este cambio sea para mejorar nuestro mundo y no para el beneficio de unos pocos. En este aspecto, un estudio publicado por Nature Communications, muestra que la IA puede facilitar el cumplimiento del 79 % de los ODS (Acciona, 2019).

Sin embargo y a pesar de todos los beneficios que puede implicar esta nueva tecnología, la IA puede convertirse en un potente inhibidor si se llega a gestionar de mala manera o con un enfoque equívoco. En la siguiente figura se proporciona un resumen de los resultados del impacto que tendría la IA en los ODS, actuando como un facilitador o como un inhibidor.

Figura 9

Resumen del impacto positivo y negativo de la IA en los distintos ODS.



Nota. Los números dentro de los cuadros de colores representan cada uno de los ODS (véase [Anexo 1](#)). Los porcentajes en la parte superior indican la proporción de todos los objetivos potencialmente afectados por la IA y los que están en el círculo interior de la figura corresponden a proporciones dentro de cada ODS. Los resultados obtenidos cuando se tiene en cuenta el tipo de evidencia se muestran con el área interior sombreada y los valores entre paréntesis. Extraído del informe “The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals” (Vinuesa, y otros, 2020).

Como es posible distinguir de la [Figura 9](#), la IA puede actuar como facilitador en 134 metas (79%) en todos los ODS, generalmente a través de una mejora tecnológica que permita superar ciertas limitaciones actuales. Por el lado contrario, 59 objetivos (35%) pueden experimentar un impacto negativo por el desarrollo de la IA. A continuación, se resumen las razones para cada caso, realizado por la doctora en ciencias de la computación María Pérez

Ortiz basado en el estudio realizado por Nature Communications, en donde primeramente se menciona el cómo la IA puede habilitar y facilitar una sociedad más sostenible:

La IA ha mostrado gran potencial en lo que se refiere a incrementar la producción industrial y automatizar cierto tipo de labor humana. Puede también ayudar a la provisión de alimento mediante sistemas de agricultura de precisión o bioingeniería de cultivo y herbicidas, y revolucionar la medicina tal como la conocemos mediante el uso de medicina de precisión y personalizada. Podría también habilitar sistemas con una baja huella de carbono, creando economías circulares y ciudades inteligentes que hagan un uso eficiente de recursos y den preferencia a tecnologías tales como vehículos autónomos eléctricos, accesorios inteligentes y sistemas energéticos que integren eficiencia energética y energías renovables. Con respecto al cambio climático, se ha demostrado que la IA permitirá crear modelos predictivos que nos ayuden a entender y anticipar sus posibles consecuencias. La IA puede ser usada también para garantizar el bienestar de nuestros ecosistemas (por ejemplo, mediante el uso de identificación automática de vertidos de petróleo para reducir la polución marina, monitorización de especies salvajes o detectar desertización y suelo degradado). Dicha tecnología puede ayudar a identificar áreas empobrecidas y de conflicto, predecir desastres naturales de forma anticipada y promover acción internacional mediante el análisis automático de imágenes por satélite. Finalmente, la IA podría también ayudar a democratizar una educación de calidad, permitiendo la creación de sistemas de tutorización automáticos y personalizados (2020, pág. 5).

Por el contrario, las razones por la cual la IA podría inhibir el desarrollo sostenible son las siguientes:

Un inconveniente importante de los sistemas basados en IA es que estos están tradicionalmente basados en las necesidades y valores de las naciones en las que la IA se desarrolla. Si la IA y el Big Data se usan en regiones con carencia de escrutinio ético, transparencia y control democrático, la IA podría acrecentar el nacionalismo, el odio hacia minorías y llevar a resultados electorales sesgados. Uno de los mayores riesgos de la IA es que hace posible crear sesgos automáticos (dicho sesgo ocurre por ejemplo cuando la IA aprende a replicar los sesgos humanos mediante el aprendizaje de patrones en bases de datos y toma decisiones basadas en raza, género o edad en aplicaciones donde este tipo de variables no deberían de influir, por ejemplo, en contratación de personal). La IA tiene ya un efecto negativo en el uso de redes sociales y sistemas de recomendación, permitiendo mostrar contenido a los usuarios que va en línea con sus ideas preconcebidas, lo que puede llevar a polarización política y afectar la cohesión social. La IA, al reemplazar trabajos tradicionales con otros que requieren nuevas destrezas, recompensa desproporcionadamente al sector de la población con dicha educación, lo que ya está acrecentando desigualdades. Por otro lado, los esfuerzos para conseguir acción climática pueden verse socavados por la gran necesidad energética de la tecnología de IA, especialmente si no hacemos el cambio a energía con una baja huella de carbono. Finalmente, es importante notar que esta tecnología está distribuida poco equitativamente. Esto hace que el material tecnológico basado en IA no sea accesible por ejemplo para el pequeño agricultor, incrementando por tanto una importante brecha ya existente con respecto a grandes productores. Lo mismo se aplica a educación y otros muchos sectores (2020, pág. 6).

Debido a la dualidad anterior, la IA debe tener un enfoque inequívoco no solo para garantizar la protección de las personas, los animales y el planeta, sino para mejorar el bienestar colectivo, de generaciones presentes y futuras. En este sentido se desarrollaron las “Directrices éticas para una IA fiable de la Comisión Europea”, que tienen como objetivo promover una IA fiable en base a 3 componentes:

- Lícita, es decir, debe cumplir con todas las leyes y reglamentos aplicables;
- Ética, de modo que garantice el respeto de los principios y valores éticos; y
- Robusta, tanto desde el punto de vista social como técnico, puesto que los sistemas de IA incluso si las intenciones son buenas, pueden provocar daños accidentales (Ferré, 2020).

De esta forma, partiendo de un enfoque basado en los derechos fundamentales, se considera que los sistemas de IA deben seguir 4 principios éticos:

- Respeto de la autonomía. Se debe tener como objetivo mantener el control y la supervisión humana de la IA, y aumentar y complementar las aptitudes cognitivas, sociales y culturales de las personas para tomar mejores decisiones con conocimiento de causa.
- Prevención del daño. La IA no debería provocar daños o agravar daños existentes ni perjudicar de cualquier otro modo a los seres vivos, incluidos animales y el medio ambiente.
- Equidad. Garantizar una distribución justa de beneficios y costes, asegurar la igualdad de oportunidades sin sesgos injustos, discriminación ni estigmatización, en especial, en el acceso a la educación, bienes y servicios y tecnología, respetando el principio de proporcionalidad entre medios y fines.

- Explicabilidad. Garantizar procesos transparentes y comunicación abierta con los grupos de interés respecto a las capacidades y la finalidad de los sistemas de IA (Ferré, 2020).

Siguiendo y respetando estos principios a la hora de desarrollar la IA se puede alcanzar una verdadera ayuda para el planeta que potencie el logro de los ODS y que mejore el bienestar de todos sin que esta tecnología sea de beneficio para unos pocos o que se use únicamente con fines económicos y comerciales.

Una vez comprendido el potencial que puede llegar a tener la inteligencia artificial como potenciador en el desarrollo sustentable, así como también los riesgos asociados a un papel inhibitorio en cuanto al cumplimiento de los objetivos del desarrollo sustentable se refiere, bajo el contexto de una sociedad cada vez más dependiente de esta tecnología, el siguiente paso lógico de este capítulo es indagar sobre las aplicaciones que hoy en día está teniendo la IA en diversas áreas para conseguir un mundo sostenible.

3.1 Objetivos del Desarrollo Sustentable

La principal implementación que se puede mencionar al hablar juntamente de la IA y el crecimiento sustentable es en los ODS, ya que funcionan como guía para el camino que se desea seguir en pos de mantener el planeta en buenas condiciones y asegurar un futuro para las siguientes generaciones. Estos objetivos son muy complejos y se resisten más de lo esperado, en parte al nutrido número de dimensiones que incorporan y a lo ambiciosos que son. Sumado a la complejidad específica de cada objetivo, está el hecho de que muchos interaccionan entre sí, a la vez que se pueden contraponer. Un ejemplo de lo primero sería que no es posible poner fin al hambre (ODS 1) si no se aborda en paralelo el cambio climático

(ODS 13), mientras que un ejemplo de la segunda interacción sería que promover el crecimiento económico sostenido (ODS 8) podría acrecentar las diferencias sociales en los países y entre ellos (ODS 10), alejando aún más a las naciones más avanzadas y con más recursos frente a los países tercermundistas.

En base a lo anterior, se presenta un resumen de las distintas aplicaciones, tanto presentes como futuras, de la IA en cada uno de los 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible, los cuales se pueden repasar en el [Anexo 1](#).

Objetivo 1. Poner fin a la pobreza en todas sus formas en el mundo: Una de las principales cuestiones es incluir una gobernanza basada en Blockchain para tomar decisiones transparentes. A esto se suma el uso de herramientas y software que ayuden a comprender la realidad de la pobreza empleando Big Data dado los millones de datos necesarios y la gran envergadura de este problema. Por último, resulta necesario incorporar nuevas competencias digitales para asegurar el trabajo o dar cierta seguridad económica antes los rápidos avances de la automatización.

Objetivo 2. Poner fin al hambre. Lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible: Uno de los usos más comentados en este aspecto es la posibilidad de digitalizar la producción agroalimentaria, dando espacio al uso de datos históricos que ayuden a estimar demandas o prevenir hambrunas. Por otro parte, se deben diseñar sistemas de alerta temprana para anticiparse a eventos que puedan comprometer los cultivos o alimentos como es el caso de catástrofe o cambios climáticos adversos, así como promover una alimentación sostenible, saludable y responsable.

Objetivo 3. Garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades: La predicción y diagnóstico médico mediante macrodatos e IA es algo que ya puede verse en algunas áreas médicas. También se está investigando posibles soluciones digitales antipandemias, a través de algoritmos o aplicaciones que puedan identificar los focos antes de que se expanda, producto de la contingencia vivida por el COVID-19.

Objetivo 4. Garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos: En este último tiempo la educación ha dado un paso a la digitalización, cada vez se está viendo más cursos en línea y la pandemia obligó a los establecimientos educacionales, tanto colegios como universidades, a impartir sus clases en modalidad on-line. Aquí la IA entra a jugar un papel de personalización de aprendizaje al utilizar técnicas de realidad virtual y aumentada en una docencia que pueda darse mixta en los próximos años. Sin embargo, uno de los grandes problemas que se hicieron notar y que es un gran desafío, es la brecha al acceso de internet y equipos computacionales.

Objetivo 5. Lograr igualdad de género: En este aspecto la IA puede ayudar a la hora de detectar sesgos en procesos de selección u otras decisiones, siendo la puerta para equilibrar oportunidades y no discriminar por etnia, condición física o género.

Objetivo 6. Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos: La monitorización de instalaciones, redes y ecosistemas hídricos mediante sensorización es un punto básico de cualquier aproximación al problema de la calidad del agua y su preservación. Una herramienta importante y cada vez más usada es el Digital Twin o gemelo digital, en el cual se puede diseñar toda la infraestructura y diseño en un entorno virtual y saber lo que sucederá cuando se ponga en práctica el activo físico real, permitiendo experimentar antes de realizar adecuaciones. Con respecto a la gestión de estos

canales hídricos, ya se está haciendo uso de redes neuronales con el fin de abordar diferentes retos como la transparencia en la concesión de agua, el diseño de la red o la detección de roturas, entre otras muchas aplicaciones.

Objetivo 7. Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos: La energía es y será uno de los pilares fundamentales en el desarrollo sostenible que se espera alcanzar, tomando cada vez más importancia el cómo se consume la energía. Ante esto, se espera que la IA tenga un papel más protagónico, haciendo uso de tecnología de compresión de datos y de computación distribuida para reducir el consumo, así como de Big Data largoplacista de cara a estabilizar la demanda de las energías renovables. Además, se debe tener en cuenta el impulso de la robotización tanto para el uso de estas energías limpias como para su mantenimiento y predicción de falla, todo con el fin de potenciar y facilitar su uso en todos o casi todos los países del mundo.

Objetivo 8. Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos: El crecimiento económico supone un reto debido al impacto no siempre positivo en otros indicadores, como los ambientales o las brechas sociales derivadas de la distribución del beneficio. Es por ello por lo que se debe trabajar en actualizar los sistemas educativos, luchar contra la brecha digital en formación y fomentar el acceso universal a internet y a la computación.

Objetivo 9. Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación: Esta área es una de las que más utilidad y provecho le pueden sacar a la IA, mejorando la eficiencia y productividad de forma destacable. Esto llevará a diseñar infraestructura y desarrollos urbanísticos basados en datos, así como digitalizar la economía. Por otro lado, la monitorización continua de emisiones de

la industria resulta ser una medida necesaria junto con incrementar la inversión en I+D pública y privada para dar con soluciones innovadoras.

Objetivo 10. Reducir la desigualdad en los países y entre ellos: Acortar las desigualdades es complejo porque a menudo estas se expanden a medida que se trabaja en otros objetivos, como la generación de riqueza o la digitalización. Pero destacan algunas estrategias horizontales como el análisis y la lucha contra la polarización social, con foco en las redes sociales, así como también la banca digital personalizada no discriminatoria y las tecnologías para fomentar la participación ciudadana.

Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles: Las herramientas como gemelos digitales y RV/RA (Realidad Aumentada y Realidad Virtual) van a convertirse en indispensables para alcanzar la urbanización aún más eficiente y responsable. La gestión unificada de los datos urbanos será tratada mediante machine learning e IA para evitar brechas urbanas, el Internet de las Cosas (IoT) sensorizará todas las actividades y Blockchain permitirá una participación ciudadana en su entorno, con la meta de alcanzar una ciudad más naturalizada, limpia e inclusiva.

Objetivo 12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles: La sostenibilidad ambiental pasa por la tecnología IoT en producción de todo tipo de productos y bienes, combinando con técnicas de IA y análisis de datos que optimicen dicha producción. En muchos casos se puede usar la tecnología de gemelos digitales para plasmar futuribles o tomar decisiones.

Objetivo 13. Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos: A parte de evitar que el cambio climático siga aumentando, ahora se habla de una adaptación al mismo, dado que las consecuencias del alto consumo de materias primas de la tierra y la contaminación ya se están viviendo y seguramente sean parte del día a día. Es por ello por lo que muchos esfuerzos basados en la IA siguen este camino, como es la predicción de catástrofes naturales basadas en Big Data y los modelos predictivos. Aparte, se espera usar la IA en la gestión urbana y en movilidad sustentable para disminuir las emisiones de las ciudades.

Objetivo 14. Conservar y utilizar sosteniblemente océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible: La IA puede ser utilizada para la preservación de los océanos a través de la detección y recogida de microplásticos y otros contaminantes. Además, el Big Data y el Blockchain pueden ayudar a gestionar información recopilada mediante la monitorización oceánica satelital.

Objetivo 15. Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad: La protección de ecosistemas será otro de los grandes retos a los que enfrentarse, especialmente si se tiene en cuenta que casi todos han sido antropizados y será difícil retornarlos a un estado ecosistémico estable. En esta lucha, la IA puede ayudar a detectar incendios o enfermedades en cultivos, pero también a monitorizar niveles de insumos, agua, contaminación, etc.

Objetivo 16. Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todos y construir a todos los niveles instituciones eficaces e inclusivas que rindan cuentas: Uno de los avances más indispensables y necesarios para

mejorar la transparencia social es el uso del Blockchain, aunque también se hará uso de herramientas como el machine learning en anticipación de incidencia de crimen. Todo ello debe estar acompañado de la eliminación de los sesgos algorítmicos basados en datos con tintes racistas o focalizados en zonas pobres.

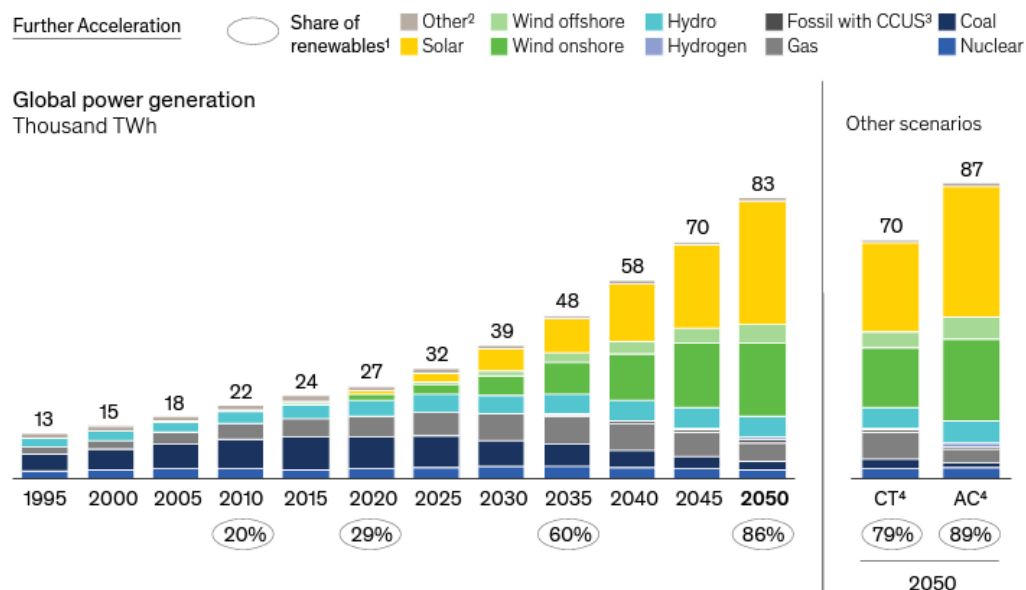
Objetivo 17. Fortalecer los medios de implementación y revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible: Este es el punto que unifica a todas las naciones del planeta, por lo que resulta necesario establecer una ética de las máquinas mundial y no una que sea distinta en cada país, con el fin de crear alianzas con las que compartir códigos de conducta y tecnología. De hecho, si se vale decir, para el alcance de los ODS se debe trabajar con la participación de toda la sociedad apoyados claramente de herramientas como la IA, sin embargo, no hay que poner toda la carga sobre una tecnología en desarrollo sin una correcta supervisión humana, ya que esta debe ser una ayuda para tomar decisiones y no una guía definitiva y sin errores, dado que podría acrecentar más la brecha social-económica y ser perjudicial para los objetivos antes mencionados. (Martínez, 2021)

3.2 Energías Renovables y Redes Eléctricas

Una de las principales áreas en desarrollo de la actualidad son las energías renovables, las cuales presentan un gran potencial en el ámbito de la aplicación de las tecnologías basadas en IA en sus procesos. Este es un mercado en auge que espera un crecimiento del 86% de la generación para 2050, superando al carbón para convertirse en la mayor fuente de energía a nivel mundial (McKinsey & Company, 2022), tal y como se puede ver en la [Figura 10](#), la cual indica las proyecciones para los próximos años. Por ello, los esfuerzos deben estar acompañadas de una tecnología en vanguardia que ayude a cumplir y acelerar estos ambiciosos objetivos.

Figura 10

Generación global de energía.



Nota. La escala es de 1000 TWh. La categoría “Otros” incluye la biomasa, la energía geotérmica y la marítima. Los otros escenarios presentan proyecciones con un bajo aceleramiento y el otro con una mayor aceleración. Extraído de McKinsey Energy Insights Global Energy Perspective 2022 (McKinsey & Company).

Las empresas ya están utilizando la IA para conocer la disponibilidad diaria de las instalaciones encargadas de generar energía, tales como aerogeneradores, centrales hidráulicas, plantas de biomasa, paneles solares y centrales eólicas, para así predecir la producción que se podrá generar en los próximos días, además de poder anticiparse a las posibles anomalías para solucionarlas antes de que sucedan (Acciona, 2019). Esto resulta fundamental al ser energías dependientes de los cambios climáticos y la meteorología, por lo que, gracias al Big Data y el Machine Learning, se pueden predecir eventos como la baja de producción eléctrica debido, por ejemplo, a la reducción de la intensidad del viento o del sol,

para estabilizar la cantidad de energía disponible en el sistema y así evitar cortes o escasez de suministro (Martin, 2022)

Esta tecnología se está convirtiendo en palanca fundamental en la consecución de la máxima eficiencia energética y en el avance hacia la descarbonización de la economía y del conjunto de la sociedad. En el caso de las redes eléctricas, la digitalización permite analizar una enorme corriente de datos e información que llegan en tiempo real. Además, la expansión de los contadores inteligentes, sumada a la IA, está ayudando a que ese procesamiento de datos sea lo más rápido y eficiente posible (Sevilla, 2021). Por otra parte, las redes inteligentes son el corazón de las energías renovables y es donde la IA desempeña su mayor función, al hacer que estas redes funcionen a la vez que analiza, evalúa y controla los datos de los usuarios y del traspaso de energía para tomar decisiones precisas (Hive Power, 2022).

Uno de los puntos nombrados en el párrafo introductorio de la subsección tiene que ver con la posibilidad de anticiparse a las fallas o anomalías dentro de la red de plantas energéticas. Esto es lo que se conoce como “mantenimiento predictivo” que, gracias a la IA, está logrando mejorar la eficiencia, la seguridad y la resiliencia de la red eléctrica. Lo anterior también implica una mejora de las operaciones de sistemas y equipos, así como también un aumento en la disponibilidad de mantener activos críticos funcionando con máxima eficiencia; o la capacidad para detectar problemas, evaluar riesgos y abordarlos en tiempo real en áreas donde, hasta la fecha, los procesos y sistemas no eran sofisticados; o dotar a los técnicos, tanto en planta, en despacho o en movilidad, de aplicaciones de acceso a la información de sus activos empresariales o de herramientas inteligentes de soporte, permitirles llevar a cabo una operación y mantenimiento más seguros y eficientes (Díaz, 2021). Asimismo, la aplicación de la IA en este sector permite reducir el coste de

mantenimiento de las instalaciones a través del uso de tecnologías como machine learning y deep learning, las cuales permiten recopilar información a través de las redes de sensores ubicadas en las instalaciones, con el fin de anticipar averías y alargar la vida útil de las mismas. Estas ventajas descritas provocan una disminución en la compra de repuestos y en el stock del inventario, lo que a su vez implica una rebaja en los costos asociados (Fernández, 2021). También, existen técnicas de visión artificial sobre, por ejemplo, paneles solares, en donde se combina el IoT con la tecnología “*compute vision*” y el uso de drones para capturar imágenes, permitiendo la detección de zonas donde es posible que se presenten anomalías. (Aserta, 2021)

Otro punto relevante mencionado es la capacidad de predecir la producción con el fin de ajustar la oferta y la demanda del consumo energético. Resulta fundamental disponer en tiempo real, a través de la red de distribución, la información sobre la generación y demanda, con lo que se mejora la capacidad de monitorización, operación y control de la red, ganando mayor capacidad predictiva de la demanda energética. Gracias a ello, se mejora y agiliza la respuesta en generación para cumplir con el objetivo mencionado y, en una última instancia, el uso de la IA puede prevenir un probable colapso de la red al supervisar el uso de la energía por parte de los consumidores y ayudar tanto a los usuarios como a los proveedores a equilibrar la energía suministrada y utilizada. Asimismo, el análisis de los datos en plantas de generación eléctrica ayuda a ajustar la oferta, puesto que permite predecir la producción de energía de forma que se pueda planificar el precio de venta de la electricidad generada, además de tomar acciones determinadas durante los picos de demanda (Aserta, 2021). De hecho, ya hay normativas a nivel europeo que obligan a las empresas de generación de

energías renovables a que estimen su producción durante las próximas horas y, en caso de no cumplir estas estimaciones, tener que abonar el coste de desvío (Rodal, 2021).

También son importantes en la generación y transporte de energía los denominados smart grids o contadores inteligentes, los cuales cuentan con conectividad inalámbrica para enviar la información sobre el consumo eléctrico en tiempo real. Además, los gemelos digitales o digital twins cumplen un gran papel a la hora de predecir y analizar datos, ya que se puede replicar los activos físicos, procesos, espacios, sistemas y dispositivos de las instalaciones sustentables y así llevar a cabo las tareas nombradas anteriormente (Rodal, 2021).

Un gran aporte del uso de la IA en esta área es la relación con el usuario final, ya que permite entregar nuevos servicios y capacidades “smart” para el cliente, abarcando desde la ampliación de la elasticidad de la demanda –tradicionalmente inelástica–, hasta la mejora de su fidelización y de los mecanismos de contacto y relación con las empresas eléctricas con otros agentes (Díaz, 2021). Del mismo modo, resulta relevante el registro en tiempo real de los consumos por horario, cuyo análisis permite una mejor adecuación de la oferta a los diferentes perfiles de consumidores, en función de sus preferencias y necesidades. Así pues, la aplicación de la IA en la comercialización de la electricidad permite que el cliente final tome decisiones sobre su consumo de manera instantánea, además de comparar sus consumos con los del vecino, o incluso se espera que sea capaz de personalizar la contratación de su suministro vía online con su compañía, fomentando la competencia del sector en su conjunto (Aserta, 2021).

Como es posible distinguir, el uso de la IA ya está permitiendo una optimización en la red eléctrica y un monitoreo constante en las instalaciones respectivas, lo que abre las

puertas a una mejor gestión y toma de decisiones a través del análisis de datos y de la información predictiva que puede entregar las nuevas tecnologías, ayudando de esta manera, no solo a mejorar la eficiencia y eficacia de todo el conglomerado de las Energías Renovables, sino también a mejorar y facilitar la transición de la matriz eléctrica mundial a una más limpia y sustentable.

3.3 Gestión Pública y Urbana

De acuerdo con Henman (2020), las nuevas tecnologías digitales están cambiando rápidamente el panorama de la prestación de servicios públicos, ya que los dispositivos móviles, combinados con aplicaciones, llevan los servicios públicos en línea a cualquier lugar donde se encuentre el ciudadano. Las tecnologías en red y wi-fi permiten que el suministro de información y la recopilación de datos codificados geográficamente se integren con los datos administrativos tradicionales, creando conjuntos de big data para generar conocimiento sobre poblaciones e individuos, los mismos que pueden ser procesados por técnicas basadas en IA a fin de optimizar la toma de decisiones. Los procesos automatizados de toma de decisiones administrativas se están expandiendo, y la IA (a través del aprendizaje automático o machine learning) proporciona formas más matizadas de tomar decisiones en circunstancias complejas. De acuerdo con Mikhaylov, Esteve & Campion (2018) muchas organizaciones del sector público están cada vez más interesadas en utilizar la ciencia de datos y las capacidades de la IA para implementar políticas y generar eficiencias en entornos de alta incertidumbre. Sin embargo, los usos y aplicaciones de la IA han ido un paso más allá abriendo nuevos escenarios tanto para los profesionales como para los investigadores. Esta tecnología ofrece grandes oportunidades para la administración pública, incluida la automatización de los procesos de flujo de trabajo, un procesamiento de información más

rápido, una calidad de servicio mejorada o una mayor eficiencia laboral (Ocaña, Valenzuela, Vera, & Rengifo, 2021).

Un claro ejemplo de la contribución de la IA en el sector público es la gestión del tráfico, en donde la aplicación de esta tecnología a la movilidad urbana permite predecir atascos y ofrecer rutas alternativas. En sharing (movilidad compartida), la IA predice la demanda de vehículos por zonas y horas. De esta manera, las empresas pueden organizar la disponibilidad de los vehículos para los ciudadanos en función de sus necesidades. Una solución que no solo facilita la movilidad, sino que también minimiza su impacto ambiental (Acciona, 2019).

Otra gran funcionalidad de la IA es la capacidad de recopilar información sobre la superficie de la Tierra a través de imágenes capturadas por satélites, lo que contribuye al análisis y producción de mapas cada vez más precisos y útiles para la planificación urbana. De esta manera, no solo se puede ver el crecimiento de las ciudades, sino también la velocidad en que crecen y las características que tienen sus construcciones. Una de las tecnologías usada en Latinoamérica y el Caribe es MAIIA (Mapeo Automatizado de Asentamientos Informales con Inteligencia Artificial), un paquete de software que es parte del Open Urban Planning Toolbox, un catálogo de herramientas digitales utilizado para la planificación urbana de código abierto (CDT, 2022).

En el contexto de la planificación urbana, la IA ayuda a los desarrolladores a encontrar espacio utilizable adicional en una parcelación determinada, a la vez que se mejoran características de rendimiento y se reducen los costos. Por otro lado, pueden implementarse medidores automáticos de servicios públicos o monitorio de la calidad del aire, para gestionar de una manera más eficaz las prohibiciones de vehículos catalíticos. Otra

aplicación de este concepto es el lote de estacionamiento virtual, en donde se crean redes que permitan a los usuarios hacer uso de la gama completa de estacionamientos en un área determinada. De este modo, se podrían aprovechar los estacionamientos infrautilizados, a la vez que permitiría liberar espacio de calle para uso público o desarrollo productivo (Montero, 2021).

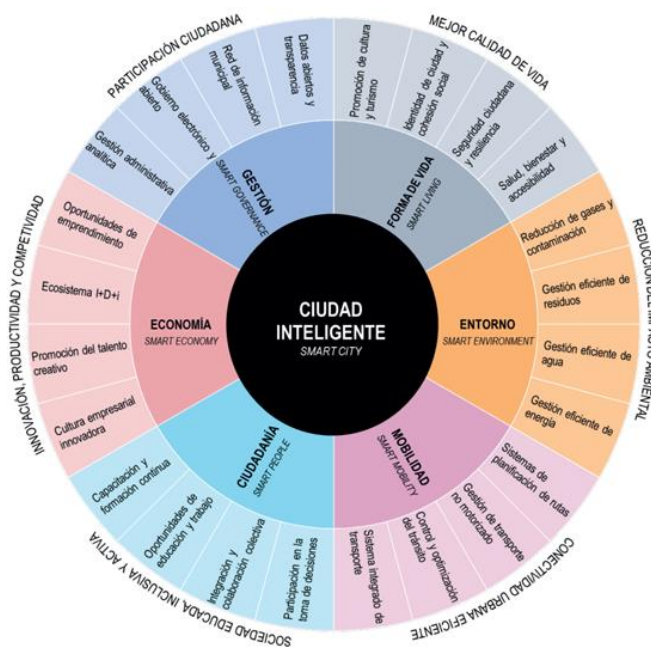
Todo lo anterior ayudará a reducir cargas administrativas, contribuir a resolver problemas de asignación de recursos y asumir tareas significativamente complejas (Mehr, 2017), aditivamente, la IA desempeñaría la parte más general que incide directamente en hacer que la práctica de las relaciones públicas sean más eficientes y amigables, mejorando así los resultados de una organización (Ocaña, Valenzuela, Vera, & Rengifo, 2021).

Por otra parte, uno de los términos más nombrados últimamente en el contexto de gestión urbana es el de “Smart City”, el cual se define como una zona urbana cuyos recursos son optimizados en base a la información recogida por una serie de sensores repartidos en su extensión. Dichos sensores pueden ir desde estaciones de control de contaminación a monitores de ocupación de autobuses. Estas ciudades son capaces de utilizar la tecnología de información y comunicación (TIC) con el objetivo de crear mejores infraestructuras para sus ciudadanos, desde el transporte público, ahorro energético y la sostenibilidad en todos sus aspectos (Huawei, 2018). En definitiva, es la combinación de personas, tecnología y creatividad para hacer más sostenible y eficiente cualquier ciudad del mundo. En este tipo de ciudades, se utilizan todas las estrategias y herramientas en uso de IA existentes nombradas en esta sección, en donde se puede agregar la clusterización (especialización de una ciudad en algún aspecto concreto como la microscopía electrónica o iniciativas sostenibles), la automatización y sensores en el alumbrado público y/o distribución del agua, acceso a

internet para todos, arquitectura eficiente, sistemas de vigilancia avanzados para mejorar la seguridad en el entorno urbano, etc. En aquellas ciudades que logran entrar en esta categoría, se caracteriza el uso frecuente de big data y smart grids (redes inteligentes de gestión), así como también el internet de las cosas para poder generar riqueza, mejorar la economía digital, promover una movilidad inteligente y, lo más importante, adaptarse al medio ambiente (Vaquero, 2018). En la siguiente figura se detallan las diversas dimensiones que participan en el concepto de “Smart City”.

Figura 11

Dimensiones e indicadores de una ciudad inteligente.



Nota. Extraído de “Tecnología e innovación hacia la ciudad inteligente” (Copaja & Esponda, 2019)

La IA aplicada a un entorno urbano en tiempo real, permite administrar recursos (energía, tráfico, infraestructuras, etc.) y los datos que el internet de las cosas (IoT) facilita se convierten en información que se puede utilizar para construir sistemas predictivos que

permitan pronosticar áreas conflictivas o posibles emergencias, mejorando la seguridad pública. También es parte de una smart city predecir atascos y ayudar a facilitar la movilidad de los ciudadanos, tal y como se nombrada al comienzo de esta subsección. En el caso de la gobernanza urbana, el aprendizaje automático y la IA se utilizan cada vez más para proporcionar un análisis, casi en tiempo real, de cómo cambian las ciudades para revelar rápidamente cómo el desarrollo real de la ciudad se alinea con la planificación y zonificación, o qué comunidades son más propensas a las saturaciones de tráfico, o muestran más o menos satisfacción ante ciertas medidas de su Gobierno municipal. En definitiva, aprender cómo la gente utiliza las ciudades y entonces poder adoptar medidas para adaptar las ciudades al uso que realizan sus ciudadanos. Estas son solo algunas de las aplicaciones de la IA que nos permiten hacer las ciudades inteligentes, y tal y como se ve en la [Figura 11](#), se podrían enumerar muchas más. Además, el futuro próximo permitirá disfrutar de nuevos servicios inteligentes que se desarrollarán en torno a las necesidades de sus ciudadanos (Botti, 2018).

3.4 Sector Agrícola

La inteligencia artificial en la agricultura va a conseguir que un sector como la agroindustria supere, por fin, la brecha digital. Y no solo eso, todas las posibilidades que abre esta tecnología van a dejarse ver en todos los procesos logrando una industria más competitiva, para así poder adaptarse a las necesidades alimentarias de la población (FAO, 2020). La IA puede dar la solución para que una población cada vez mayor y un clima cada vez más incierto no sean obstáculos para lograr alimentos suficientes, a la vez que se protege la biodiversidad (Ortega, 2021).

Por un lado, la aplicación de la inteligencia artificial ayuda a conseguir que el riego y la fertilización sean más eficientes, gracias a sensores de humedad, temperatura y

fertilización capaces de predecir las necesidades de los cultivos, creando lo que se llama un "Invernadero Inteligente" (Acciona, 2019). Por otra parte, a través de soluciones IoT (internet de las cosas o Internet of Things), se podrán mejorar los rendimientos de los cultivos a través de la gestión de la información obtenida por imágenes. Los sensores, que se pueden colocar cercanos a los cultivos o incluso a distancias considerables como la de un satélite, recopilarán datos e imágenes que garantizarán capacidad de reacción ante plagas, malas hierbas o necesidades de fertilizantes. Además, estos productos podrán adaptarse a través del análisis de muestras a la necesidad puntual de la tierra, variando y ajustando las fórmulas según sus condiciones (Ortega, 2021).

También, a través de un sistema de algoritmos capaz de sacar conclusiones de datos, se puede aplicar a la agricultura un sistema de predicción climatológico que permitirá adoptar medidas de todo tipo. Si la inteligencia artificial se aplica a la meteorología, se pueden anticipar lluvias, sequías y otro tipo de fenómenos como el granizo, lo cual puede determinar que se riegue más o menos o incluso que se desplieguen mecanismos de protección. Del mismo modo, poder evaluar a través de la temperatura de un cierto periodo cuándo va a alcanzar la cosecha el punto óptimo de maduración, puede ayudar a escoger el día adecuado, cuando su calidad sea la mejor (Ortega, 2021). Además, esta aplicación se puede utilizar para la detección precoz de patologías, calculando la probabilidad de incidencia de plagas y enfermedades según los datos meteorológicos recibidos (Castillo, 2022).

Entre las soluciones más innovadoras dentro de la sostenibilidad en la agricultura se encuentra el uso de drones que facilitan la vigilancia de los agricultores, además del análisis de imagen hiperespectral para el control exhaustivo de plagas (Acciona, 2019), incluso se

crearon maquinarias inteligentes llamadas ciber-insectos, que son drones que pueden controlar jaulas móviles eléctricas (Gómez, 2021).

Además, bien es sabido que la aplicación excesiva de agroquímicos puede acarrear grandes impactos sobre los ecosistemas, incidiendo negativamente sobre su biodiversidad y en la salud de los humanos. La necesidad de reducir la adición de estos compuestos ha llevado a desarrollar aplicadores selectivos, tanto para fitosanitarios como para fertilizantes, que se encuentran controlados por sistemas informáticos. Los equipos pueden detectar, a través de sensores ultrasónicos u ópticos, objetivos individuales con una precisión de hasta el 95%. El sistema de inteligencia artificial acciona la emisión de agroquímicos solo sobre los vegetales de interés. Para la aplicación de fitosanitarios en cultivos extensivos de porte herbáceo, el equipo se instala en los pulverizadores en barra. Los dosificadores se accionan individualmente a partir de la señal emitida por los sensores. En cultivos frutícolas, el sistema permite a los atomizadores ajustar el caudal de salida según el volumen de copa. Además, puede segmentar el cuerpo del vegetal en tres secciones, variando la cantidad de caldo aplicado entre estas. Las abonadoras, utilizadas en cultivos al aire libre, incorporan sistemas informáticos que posibilitan la emisión de fertilizantes en el área de influencia de las raíces de los vegetales (en superficie o en profundidad). También, a partir de la medición in situ del follaje de los vegetales o cambios en los elementos nutritivos del suelo, aunque estos últimos equipos son concepciones experimentales (Castillo, 2022).

En otro campo, la informática ha permitido dirigir a la conducción de los tractores a través de un equipo hidráulico, controlados a partir del sistema de navegación por posicionamiento. Además, puede coordinar la logística de cooperación entre vehículos. De esta manera, el operario queda relegado a controlar los aperos conectados a las tomas de

fuerza del tractor como instrumentos para la preparación del terreno, trasplantadoras, sembradoras, equipos para la aplicación de agroquímicos, etc. El sistema de navegación por posicionamiento se combina con un vasto conjunto de sensores de posicionamiento, velocidad, aceleración o fuerza, que le ofrecen a la inteligencia artificial por aprendizaje automático o profundo, suficientes datos para poder esquivar obstáculos, modificar su ruta o detener su actividad ante condiciones meteorológicas excepcionales por sí mismo, sin necesidad de ninguna intervención humana (Castillo, 2022).

Por otro lado, es posible almacenar, codificar y transferir información genética mediante una edición genética. El laboratorio incorpora una base de datos que puede enviarse mediante internet para su verificación constante. Anteriormente si había muestras que analizar, era necesario que viajar físicamente y se perdía mucho tiempo, pero ahora con el software puede llegar a cualquier parte del mundo al instante. De hecho, en Europa ya son varias las empresas que proveen este hardware con aplicaciones para la agricultura, aunque también son aplicaciones que se pueden llegar a usar en otros sectores (Gómez, 2021).

Otro punto relevante son los grandes avances que se están dando a nivel global en relación con el desarrollo de cosechas resistentes al cambio climático. Los científicos, a través de la ayuda de la IA, han conseguido obtener algunas variedades de arroz que son resistentes a las inundaciones. Además, la Unión Europea está apoyando un proyecto de investigación para el desarrollo de cereales tolerantes a la sequía. De esta forma, se está logrando crear alimentos aptos para su consumo que puedan resistir las dos principales consecuencias del cambio climático en el mundo como es la sequía y las inundaciones (Ruiz, 2022).

Otra de las vías de investigación con la inteligencia artificial como principal protagonista es la encaminada a eliminar los desperdicios en el sistema alimentario. Las diversas herramientas desarrolladas podrían determinar el momento exacto en el que la fruta está lista para cosecharse, adaptando con ello la oferta de alimentos a la demanda. Esto, en términos económicos, supondría un ahorro aproximado de 127.000 millones de dólares anuales a nivel mundial (Ruiz, 2022).

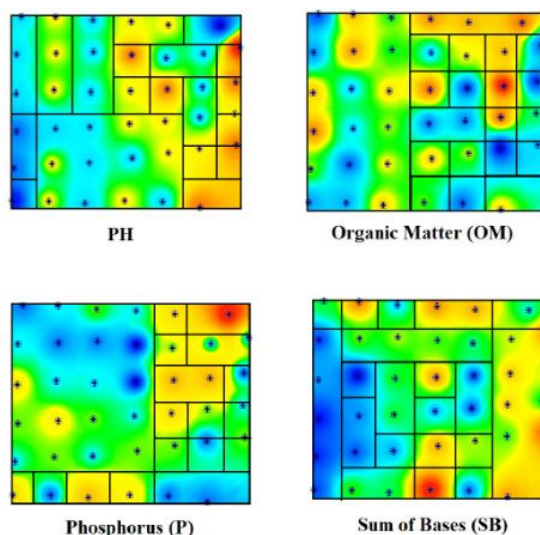
A modo de ejemplificar el papel que toma la IA en el proceso de toma de decisiones en temas de producción agrícola moderna, se considera la aplicación sitio-específica de asignación de cultivos, planes de cosecha y prácticas agrícolas tales como fertilización, control de malezas, aplicación de pesticidas, riego, etc. Lo anterior conlleva a la determinación de zonas de manejo agrícola a partir de información recolectada por sensores. Dicha información es geo-referenciada con la ayuda de un sistema de posicionamiento global, y su administración realizada usualmente por medio de un software de sistemas de información geográfica (GIS).

En la planificación de cultivos, la definición de zonas de manejo homogéneas es la manera de enfrentar la variabilidad espacial de las propiedades físicas y químicas del suelo, que determinan en buena medida la productividad y calidad del cultivo. A partir de un software especializado, como MapInfo, se crea un mapa del terreno que resume y muestra en distintos formatos las principales características de este en distintos puntos. Esto incluye, por ejemplo, su posición geográfica, el nivel de pH, el índice de materia orgánica, la cantidad de fósforo y la suma de bases. Luego, seleccionando un índice relevante para el problema se genera un conjunto de potenciales zonas de manejo, donde a través de un modelo de optimización se determina un subconjunto óptimo de las potenciales zonas generadas (tal y

como se puede observar en los mapas de la [Figura 12](#)) a la vez de que se obtiene la zona más homogénea posible, sujeta a diferentes restricciones según el contexto (Cid-García, Albornoz, Ortega, & Ríos-Solís)

Figura 12

Visualización de los mapas de zonas de manejo que definen particiones óptimas.



Nota. La figura muestra cuatro instancias generadas y resueltas, asociadas a distintos índices utilizados en el informe que lleva por título “Determinación de zonas homogéneas de cultivo usando agricultura de precisión” (Cid-García, Albornoz, Ortega, & Ríos-Solís).

Lo anterior, es uno de los usos más comunes a la hora de escoger la mejor zona posible para el cultivo, que permite integrar diferentes variables y restricciones según lo que se desee. Esto, en conjunto con herramientas basadas en IA para el control, proceso y desecho de productos, ayuda sustancialmente al sector agrícola, sobre todo bajo la necesidad de optimizar y reducir los costes de una industria que ha sufrido en los últimos años debido a la pandemia por COVID-19 y los cambios climáticos que han estado presentes.

3.5 Medio Ambiente y Cambio Climático

Vale la pena agregar aplicaciones que tiene la IA que va en pos de la mantención y conservación del medio ambiente y combatir el cambio climático. Parte de la información de la secciones anteriores pueden y deben estar consideradas en esta misma área, tales como los avances en energías renovables y agricultura, sin embargo, debido a que son áreas bastantes grandes de por sí, se consideró adecuado realizar la diferencia, por lo que a continuación se nombraran usos que está teniendo la tecnología basada en IA en otras áreas que afectan al medio ambiente y no fueron nombradas con anterioridad.

Algunas de estas aplicaciones tienen lugar en aspectos realmente importantes y preocupantes del último tiempo, y es que diversos grupos de científicos están recurriendo cada vez más a la IA y a datos satelitales para proyectar el uso del agua en un área geográfica particular y así elaborar pronósticos meteorológicos para la toma de decisiones políticas informadas, sobre todo ante posibles inundaciones o sequías. Además, se está buscando mejorar la calidad del aire a través de purificadores en base a la IA, los cuales pueden registrar la calidad del aire y los datos ambientales en tiempo real para adaptar la eficiencia de la filtración. A su vez, las simulaciones impulsadas por IA pueden enviar advertencias a las personas que viven en áreas urbanas sobre los niveles de contaminación de su sector. De igual forma, los avances en el análisis predictivo impulsado por la IA junto con drones, plataformas de sensores avanzados y herramientas similares tienen la tarea de monitorear temblores, inundaciones, tormentas, cambios en el nivel del mar y otros posibles peligros naturales. Estas tecnologías pueden ayudar a gobiernos y a organizaciones a tomar las medidas oportunas y generar alertas tempranas. Por último, la IA puede ayudar a las principales industrias a impulsar la creación de materiales bajos en carbono para sus

productos. Algunos avances tienen que ver con encontrar nuevos materiales para paneles solares, para volver a convertir el calor en electricidad útil y ayudar a encontrar materiales absorbentes como componentes de los depuradores de CO₂ para eliminar este componente de la atmósfera (Mislej, 2022)

Sumando a lo anterior, la IA puede ayudar a la reducción de la contaminación del aire a través de las nuevas tecnologías de los vehículos eléctricos y los autónomos. Estos últimos se espera que revolucionen por completo la movilidad urbana gracias a su reducción de residuos y de contaminación acústica, cero residuos y una conducción más segura (MIA Advanced Systems, 2020). Sin embargo, ambas son propuestas muy incipientes y que recién están tomando fuerza en algunas ciudades más desarrolladas y en nuevas industrias, además, supone un esfuerzo no sólo tecnológico, si no que de una buena gestión urbana (smart city), así como de políticas que potencien estos avances.

Dentro de los aspectos más preocupantes de las consecuencias del cambio climático en el medioambiente es la conservación de los océanos, ya que el calentamiento global provoca un aumento en la temperatura de estos y un incremento del nivel del mar y de la acidificación, provocando el desplazamiento en las especies marinas y desequilibrando el curso natural de los océanos, así como sus funciones en el planeta. Debido a lo anterior, un grupo de investigadores del instituto francés Mines-Telecom (IMT) está estudiando y realizando previsiones acerca de la influencia del cambio climático en los océanos con ayuda de la inteligencia artificial. Gracias a los avances de esta tecnología, el equipo francés ha logrado construir distintos modelos en 3D para estudiar al detalle el comportamiento de los océanos a partir de datos de teledetección que han sido recogidos satelitalmente (Ruiz, 2022).

Otra preocupación relacionada es la contaminación de las aguas, algo que se ve fácilmente por la cantidad de basura que llega regularmente a las playas de todo el mundo y a los diversos reportajes sobre la basura que llega al fondo marino, afectando tanto a la fauna como la flora de los océanos. Existen muchas empresas que ya han planteado soluciones basadas en IA para luchar contra este problema, como es el caso de The Ocean Cleanup. Esta fundación desarrolla tecnología con el objetivo de extraer residuos plásticos de las aguas y para ello, recientemente ha presentado un bote robot que elimina los desechos plásticos de los ríos. Además, el “Interceptor” –nombre que recibe este sistema autónomo– trabaja a través de energía solar (The Ocean Cleanup, s.f.).

Por otro lado, en el año 2018, la empresa Microsoft lanzó el proyecto “AI For Earth”, un programa que otorgaba subvenciones para aquellas investigaciones encaminadas a analizar alguna de las cuatro áreas vitales para desarrollar un futuro sostenible: agua, biodiversidad, clima y agricultura. Uno de estos trabajos fue “Wild Me”, en el que la IA fue aplicada para combatir la extinción de las especies. Los científicos aplicaron la IA para desarrollar diversos algoritmos de aprendizaje profundo con el objetivo de escanear e identificar a todas las especies de forma individualizada (Microsoft, 2019).

Otro papel clave que está teniendo la IA con relación al medio ambiente es en la extinción de incendios. La multinacional tecnológica IBM ha aplicado la inteligencia artificial para desarrollar la herramienta “Bee2FireDetection”, la cual es capaz de calcular cuáles son las probabilidades de que se forme un incendio, de esta forma se puede detectar tempranamente el inicio de esta catástrofe para contener los daños y evitar la expansión de la devastación en bosques. Esta solución funciona los 24 horas del día, los 7 días de la semana como un sistema de vigilancia, además detecta automáticamente incendios en etapas

tempranas en distancias de hasta 15 km y ayuda en los procesos de toma de decisiones, lo que permite una respuesta rápida y un apoyo en los esfuerzos de operaciones de extinción de incendios. Para ello hace uso de una serie de algoritmos capaces de recopilar distintos datos ambientales del terreno y meteorológicos (Bee2FireDetection, s.f.).

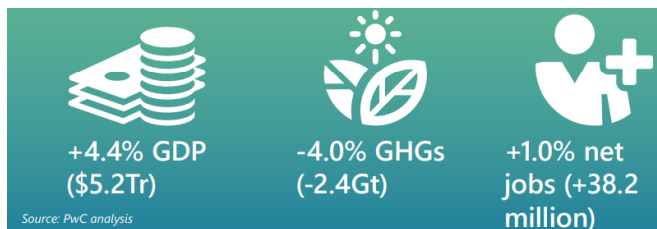
Otra organización destacable es Rainforest Connection (RFCx), quien recicla teléfonos móviles viejos para ayudar a proteger la selva tropical de la tala ilegal. Utilizando la IA han construido e implementado sistemas de monitoreo acústico abiertos y escalables que pueden detener la tala ilegal y la caza furtiva a través de la detección de sonidos, además, pueden permitir la medición y el monitoreo de la biodiversidad. La ONG aprovecha la automatización que ofrece la IA y la recopilación de grandes cantidades de información, las cuales pueden utilizar para la gestión de la tierra, los cambios de política y la asignación de recursos limitados para lograr un mayor impacto (Rainforest Connection, s.f.).

Ajeno a las empresas anteriores, se encuentra Google, una de las empresas que tiene una de las huellas de carbono más grande dentro de la industria, quien desarrolló DeepMind, una empresa de inteligencia artificial que utiliza un modelo para reducir la carga de energía de sus centros de datos, lo que disminuye el costo de energía de la refrigeración en un 40%. Por su parte, IBM aplica IA para un mejor pronóstico del tiempo haciendo que sus predicciones sean un 30% más precisas, lo cual, como ya se habló en su respectiva sección, ayuda a las empresas de energía renovable a gestionar mejor sus plantas, maximizando la producción de energía y reduciendo las emisiones de carbono. Por otro lado, en Xcel Energy, una empresa de servicios públicos que combustiona carbón y emite óxido nitroso, está implementando la IA para predecir mejor los patrones de consumo de energía y adaptar sus sistemas operativos, lo que aumenta la eficiencia en más de un 20% (Puentes, 2022).

Finalmente, en un estudio conjunto llevado a cabo en 2019 por parte de Microsoft y PwC, se concluyó que el uso de la IA tiene el potencial para impulsar el PIB mundial hasta un 4,4%, reducir las emisiones globales de gases invernadero un 4,0% y aumentar el trabajo mundial en red en un 1%, tal y como se presenta en la [Figura 13](#), indicando que al aplicar las tecnologías basadas en IA en beneficio del medioambiente se presentarían beneficios en otras áreas relevantes de la sociedad.

Figura 13

Beneficios medioambientales globales de la aplicación de IA.



Nota. Extraído del informe “How AI can enable a Sustainable Future” (PwC; Microsoft, 2019).

3.6 Medicina

Gracias a los avances recientes en ciencias de la computación e informática, la inteligencia artificial se está convirtiendo rápidamente en una parte integral de la atención médica moderna. Los algoritmos de IA, y otras aplicaciones impulsadas por esta, se utilizan para ayudar a los profesionales médicos en entornos clínicos y en investigaciones en curso. Conjuntamente, los desafíos que la pandemia de COVID-19 creó para muchos sistemas de salud también llevaron a muchas organizaciones de salud de todo el mundo a comenzar a probar en el campo nuevas tecnologías compatibles con IA, como algoritmos diseñados para ayudar a monitorear y evaluar a pacientes de COVID-19 (IBM, s.f.).

Actualmente, las funciones más comunes de la IA en entornos médicos son el apoyo a la toma de decisiones clínicas y el análisis de imágenes. Las herramientas de apoyo a la toma de decisiones clínicas ayudan a los proveedores a tomar decisiones sobre tratamientos, medicamentos, salud mental y otras necesidades del paciente, brindándoles un acceso rápido a la información o a investigaciones que son relevantes para este. En las imágenes médicas, las herramientas de inteligencia artificial se están utilizando para analizar tomografías computarizadas, rayos X, resonancias magnéticas y otras imágenes en busca de lesiones u otros hallazgos que un radiólogo humano podría pasar por alto. Los modelos basados en redes neuronales ayudan a detectar signos de cáncer y otras afecciones en sus primeras etapas, logrando así tomar medidas prematuras para ayudar a combatir la enfermedad. Además, ayuda a que la gran cantidad de imágenes que los médicos deben controlar sea más manejable al detectar partes vitales del historial de un paciente. (IBM, s.f.).

Un ejemplo del uso en imágenes es el software llamada CAD EYE, el cual está orientado a detectar pólipos y cánceres precoces. Esta herramienta no reemplaza a un profesional, pero ayuda a disminuir las probabilidad de error al detectar estas enfermedades además de funcionar como sistema de alerta y comparación al contar con una gran base de datos. Esta información se fue completando con imágenes de los que eran pólipos y los que no, de modo que la IA pueda identificarlo al procesar las nuevas imágenes del paciente. Softwares como este se pueden expandir a radiografías, imágenes craneales, etc., presentando un diagnóstico más rápido y certero (Arenas, 2021)

Con respecto al machine learning, sus modelos pueden usarse para observar los signos vitales de los pacientes que reciben cuidados intensivos y alertar a los médicos si aumentan ciertos factores de riesgo. Si bien los dispositivos médicos, como los monitores cardíacos,

pueden rastrear los signos vitales, la IA puede recopilar los datos de esos dispositivos y buscar afecciones más complejas, como la sepsis. Esto también podría abarcar una asistencia virtual a tiempo real las 24 horas del día gracias a la capacidad de aprender y de retener preferencias de los modelos basados en IA, logrando proporcionar recomendaciones personalizadas a los clientes según su historial médico o necesidades personales (IBM, s.f.).

Por otra parte, el big data y software de automatización ayudan a acelerar el proceso de asignación de códigos médicos a los ensayos clínicos, proporcionando una búsqueda más rápida e inteligente, logrando así una atención al cliente más eficiente. Aditivamente, la IA ayuda a reducir los costos de desarrollo de nuevos medicamentos principalmente de dos maneras: mejores diseños de fármacos y encontrar nuevas combinaciones prometedoras. (IBM, s.f.). Lo anterior, puede expandirse a facilitar el trabajo de los investigadores a la hora de analizar secuencias genéticas para, por ejemplo, hallar nuevas vacunas o soluciones adecuadas a diferentes enfermedades o patologías (APD, 2021).

Adicionalmente, gracias a la aplicación de la IA durante el embarazo, la visión del feto es mucho mejor. Esto permite, junto a un análisis pormenorizado de los datos, obtener cómodamente grandes cantidades de datos del estado del embarazo en tiempo real. Esta aplicación posibilita disfrutar de embarazos más seguros y prescindir de procedimientos invasivos para identificar malformaciones (APD, 2021).

Más allá de análisis de datos y sistemas de inteligencia artificial, se puede utilizar la robótica en la construcción de prótesis y mejorar la calidad mecánica de los mismos. Las prótesis inteligentes son aquellas que aprenden de la persona que la lleva, de manera que se adapte mucho mejor a sus necesidades y movimientos. Se trata de apéndices mecánicos que

no solo sustituyen a un miembro del cuerpo, sino que memorizan los patrones de movimiento de la persona y pueden ser controlados mediante una aplicación (APD, 2021).

Por último, la investigación y los resultados de estas pruebas aún se están recopilando, y aún se están definiendo los estándares generales para el uso de la IA en la medicina. Sin embargo, las oportunidades para que la IA beneficie a los médicos, los investigadores y los pacientes a los que atienden aumentan constantemente. En este punto, hay pocas dudas de que la IA se convertirá en una parte central de los sistemas digitales de salud que dan forma y respaldan la medicina moderna (IBM, s.f.).

3.7 Industria

La inteligencia artificial está revolucionando muchos sectores, sin embargo, el sector empresarial es uno en las que sus aplicaciones están teniendo un mayor impacto, transformando la forma en que las industrias fabrican, mejoran y distribuyen sus productos. Los fabricantes están integrando las nuevas tecnologías, como es el caso del internet de las cosas, computación y análisis en la nube, big data y machine learning en sus instalaciones de producción y en todas sus operaciones (IBM, s.f.). Lo anterior ha llevado a dictaminar que estamos viviendo una cuarta revolución industrial, caracterizada por la digitalización y que ha hecho que este sector sea denominado como “Industria 4.0”.

Aquellas industrias que están implementando IA en sus procesos son llamadas “fábricas inteligentes” y están equipadas con sensores avanzados, software integrado y robótica que recopilan y analizan datos y permiten una mejor toma de decisiones. Se crea un valor aún mayor cuando los datos de las operaciones de producción se combinan con los datos operativos del ERP, la cadena de suministro, el servicio de atención al cliente y otros

sistemas empresariales para crear niveles completamente nuevos de visibilidad e *insights* a partir de la información previamente almacenada en silos (IBM, s.f.). Asimismo, los avances tecnológicos en torno a la IA han permitido crear softwares inteligentes que recogen microdatos, identifican tendencias y proponen sistemas de almacenaje, fabricación y distribución más eficientes. Además, en la fabricación, los sistemas de visión artificial permiten dar con errores en las cadenas de montaje que el ojo humano no detecta, así como fallos en la seguridad o potenciales desastres (Acciona, 2019).

El análisis de las grandes cantidades de datos recopilados de los sensores en la planta de producción garantiza la visibilidad en tiempo real de los activos de manufactura y puede proporcionar herramientas para realizar el mantenimiento predictivo a fin de minimizar el tiempo de inactividad del equipo. Además, el uso de dispositivos del IoT de alta tecnología en estas industrias conduce a mayor productividad y mejor calidad. Reemplazar los modelos comerciales de inspección manual con *insights* visuales basados en IA reduce los errores de manufactura y ahorra tiempo y dinero. Con una inversión mínima, el personal de control de calidad puede configurar un smartphone conectado a la nube para supervisar los procesos de manufactura desde prácticamente cualquier lugar. Al aplicar algoritmos de machine learning, los fabricantes pueden detectar errores de inmediato, en lugar de hacerlo en etapas posteriores, cuando el trabajo de reparación resulta más costoso. Los conceptos y tecnologías de la Industria 4.0 se pueden aplicar en todo tipo de empresas industriales, incluida la manufactura discreta y de procesos, el petróleo y el gas, la minería y otros segmentos industriales (IBM, s.f.).

El cambio de la automatización tradicional basada en robots industriales independientes hacia los ‘sistemas ciberfísicos’ en red ha revolucionado la forma de trabajar

de las plantas de producción y ha impuesto nuevos estándares de competitividad en el mercado. Esto ha supuesto una serie de aplicaciones y beneficios para productores y consumidores. Por un lado, se extiende la fabricación “Just-in-time”, en donde los sistemas de fabricación impulsados por IA pueden fabricar piezas de forma adaptativa al pedido. Los sensores realizan el seguimiento de los componentes ordenándolos en función de patrones de demanda y algoritmos para acortar los tiempos de entrega. Por otra parte, se facilita la adaptación a la demanda dados los sistemas predictivos y el análisis de datos que facilita la toma de decisiones. Lo anterior posibilita que se modifiquen desde las materias primas que entran en el proceso de fábrica hasta el producto final que sale de ella. Ahora, desde un punto de vista del consumidor y del mercado, en el último tiempo se ha sufrido un gran cambio de mentalidad de los clientes, haciéndolos más activos y exigentes en cuanto a la calidad y al nivel de personalización. Esto se está logrando conseguir gracias a los usos de IA que, a través de diseños digitales y producción inteligente, permiten producir de forma personalizada sin perder eficiencia. Por último, la seguridad, al ser una base fundamental para la realización de la Industria 4.0, se ve potenciada por el uso de la IA, al ser posible aplicar módulos que detectan comportamientos inusuales en los equipos o redes industriales, garantizando el funcionamiento coherente de los equipos y maximizando la seguridad de la planta (IBM, s.f.).

Para visualizar lo anterior, un ejemplo de aplicación de la IA para conseguir una mayor sostenibilidad es la tecnología que se ha desarrollado en las tuneladoras, máquinas especialmente complejas, en donde se debe tener en especial cuidado su mantención y seguridad ya que una avería puede detener en seco toda o una parte significativa de una obra subterránea. La IA en este caso procesa la información constante de 3.000 variables con el

fin de anticipar y prevenir cuándo se puede producir algún fallo. Esta mantención preventiva causa un ahorro económico y un aumento en la eficiencia de la perforación de megatúneles inédita (Acciona, 2019). De este modo, la IA entra a jugar un papel fundamental a la hora de predecir errores y minimizar problemas que puedan afectar el desarrollo sostenible.

Desde otra perspectiva, la IA puede abrir diversas oportunidades a empresas emergentes, emprendimiento local y start-ups que apuesten en su visión o estrategia de negocios por potenciar la innovación desde el Big Data, la IA u otras tecnologías que estén cobrando protagonismo como el Internet de las Cosas o Blockchain, de manera de postular a diferentes fondos tanto nacionales como internacionales que privilegian a empresas que puedan generar un beneficio a los ODS, como es el caso del “Innovation Fund” de la Unicef. Por otro lado, el valor social de los datos que se ha creado en los últimos años supone un nuevo uso de la información que se genera mediante servicios tecnológicos. Los datos albergados por empresas, que aseguran la privacidad y seguridad, tienen un alto potencial también para fines sociales. Además, los datos generados por la actividad del sector privado ha sido clave para trabajar exitosamente hacia el desarrollo de los ODS y el desarrollo sostenible (Pastor & Pacheco, 2019).

Por último, se debe añadir que la compartición responsable de datos entre el sector público y la comunidad científica es una gran oportunidad para las empresas de contribuir en el desarrollo sustentable, mejorar el impacto de los ODS y descubrir potenciales socios y líneas de negocios. A nivel internacional, la filantropía de datos ha apoyado y motivado a diversas iniciativas donde el sector privado tiene un papel protagonista, como es el caso de “UN Data Forum”, en donde se reunieron más de mil expertos para trabajar de manera conjunta para sacar partido a los datos en favor del desarrollo sustentable. Son varias estas

propuestas hoy en día, en donde el lado privado, público y científico comparten datos y analizan los mismos en pos de los ODS, como por ejemplo “Data2X”, “D4D Challenge”, “MagicBox” y “OPAL” (Pastor & Pacheco, 2019).

3.8 Organizaciones

En este punto, los avances de la IA pueden tener grandes aplicaciones en análisis y procesamiento de datos de gran escala en tiempo reducido, sucesos que años atrás era impensable por los limitantes de memoria y capacidad de las computadoras. Sin embargo, con los desarrollos actuales organizaciones de todo el mundo pueden verse beneficiadas para sus respectivas investigaciones, captura de información y mucho más, obteniendo datos más realistas e implementando una gran cantidad de variables para su posterior estudio.

Un ejemplo de esto es la actualización del Índice Universal de los Derechos Humanos (IUDH), la base de datos sobre derechos humanos de directrices procedentes de mecanismos de DDHH más amplia y completa del mundo, la cual funciona mediante inteligencia artificial y que muestra la relación entre estas directrices y los Objetivos del Desarrollo Sostenible.

Anteriormente, las decenas de miles de observaciones y recomendaciones del Examen Periódico Universal, los Órganos de Tratados y Procedimiento Especiales eran clasificados manualmente, a la vez que se empleaban semanas y meses analizando e introduciendo información. Todo este trabajo está siendo reemplazado gradualmente por la IA, ahorrando miles de horas y abriendo nuevas puertas a discretizar y desagregar información relevante, sin dejar de lado el trabajo de expertos en derechos humanos que seguirán trabajando en roles de control de calidad en cada etapa, para así ir perfeccionando la precisión del algoritmo y del proceso realizado (Naciones Unidas, 2021).

Gracias a este algoritmo ahora es posible explorar fácilmente como las directrices de los derechos humanos pueden impulsar la implementación de los ODS por país, tema o grupo de personas afectadas, de esta forma se puede mostrar conexiones concretas entre las recomendaciones individuales de la ONU y los objetivos de la Agenda 2030 de una manera mucho más accesible y visual. De esta misma forma, la IA ayuda a diferentes organizaciones de cada nación a recopilar diferente información de interés para luego crear informes de calidad, por lo que en los próximos años se pueden esperar resúmenes con mucha más frecuencia y más precisos de lo que pasa en cada país, región, ciudad, cultura, etc., ayudando a la percepción de las metas y objetivos futuros en pos de diseñar estrategias y planes que potencien un desarrollo sostenible.

4 Situación Mundial y Casos de Éxito

Al entender el rol que puede llegar a tener la IA en algo tan importante para el planeta y la sociedad como lo es el desarrollo sustentable, se reafirma la necesidad de implementar correctamente esta tecnología en pos de un bienestar mayor. Lo anterior se ve potenciado por los grandes usos y aplicaciones de la IA en diversas áreas, lo cual fue descrito en el capítulo anterior. Casi cualquier cosa en que pensemos estará o podrá estar de una forma u otra relacionada con la IA, cuya utilización cambiará por completo los conceptos de productividad, eficacia, análisis de datos, ciberseguridad, entre muchas otras cosas. Con esto visto, surge la duda si lo descrito sólo es un utopía de lo que podría suceder o si ya existen ciudades o países alrededor del mundo que han podido mejorar sus procesos o ecosistemas sustentables con ayuda de la inteligencia artificial. Por ello, en el presente capítulo se realizará la investigación respectiva de diversos casos de éxitos, ya sea de ciudades, países, organizaciones o empresas que han logrado ocupar la IA para mejorar o potenciar el desarrollo sustentable.

Antes de entrar en materia, cabe destacar que, como se estudió en todos los capítulos anteriores, los usos de la IA son variados, amplios y complejos, por lo que pueden afectar a más de un ámbito o área, o incluso se pueden alcanzar éxitos en la sustentabilidad sin querer llegar a ellos (como una mejora en la productividad interna que produzca disminuir gases contaminantes). Por otro lado, los ODS son muy diversos y para un país o ciudad puede resultar imposible cumplir cada uno de los 17 objetivos y 169 metas presentadas por las Naciones Unidas, es por ello por lo que muchas veces se escoge potenciar una sola área como es el caso de la energía sustentable o la gestión urbana. A esto se suma que los ODS implican casi todos los aspectos de interés, ya sea la pobreza, la inclusión, el uso de la energía, el

desarrollo financiero, la desigualdad social, etc., por ello hablar de un tema que este incluido en los ODS es hablar de una puesta en acción o de un paso para alcanzar el tan ansiado desarrollo sostenible. Esto no quiere decir que cada avance en la IA afecte indirectamente a la sustentabilidad, ya que dependerá del uso que se le dé y el contexto en que se encuentre, sin embargo, hay muchos progresos que lo hacen y serán señaladas en cada subsección del presente capítulo, siendo un tema recurrente dado lo amplio de ambos temas. Por último, hay que mencionar que existe información del comportamiento de los países por región geográfica, los cuales se han encontrados adecuados para el tipo de investigación realizada y al aporte que significa para complementar este trabajo. Con lo anterior establecido, se presentan a continuación los resultados de la investigación de los casos de éxito encontrados.

4.1 Estados Unidos

No es de extrañar que Estados Unidos sea uno de los países más preparados en temas de inteligencia artificial y desarrollo sostenible dado su posición como potencial mundial y gran inversionista en ambos ámbitos.

En 2019 levantaron diferentes iniciativas que impulsaron el desarrollo de la energía sostenible, con acciones concretas que van desde las becas en el ámbito de la investigación en energías renovables, a la firma de nuevas colaboraciones para seguir el camino de la descarbonización, pasando por la puesta en marcha de proyectos que representan auténticos hitos en el campo de ERNC. Durante ese año y 2020 se iniciaron las construcciones de nuevas centrales en EE. UU. lo que ha significado un gran impulso en la revolución energética y en la contribución a cumplir los ODS de la agenda 2030.

De estas construcciones se destaca el parque eólico High Lonesome y el parque solar Roadrunner, con capacidades de 500 MW y 497 MW, respectivamente. Estas centrales, junto al parque eólico de Whitney Hill, de 66 MW, han contribuido a añadir casi 800 MW de capacidad a la red durante 2020, aumentando la cartera de energías renovables de Estados Unidos hasta los 5,8 GW de capacidad de generación (gestionada en más de 100 centrales) (Enel, 2020).

Otro proyecto destacado es el Green New Deal de la ciudad de Los Ángeles, un plan detallado para proteger el medio ambiente, fortalecer la economía y construir un futuro más equitativo. Además, esta ciudad se caracteriza por ser una de las que mejor aprovechan la energía solar y de las que cuenta con más autos eléctricos y zonas de carga especiales. También, ocupa el primer lugar entre las ciudades que experimentan con el proceso de asfaltado con plástico reciclado, dándole un nuevo propósito a los residuos de este material para repavimentar las calles. En la misma ciudad está presente el Green Lodging Program, en donde sus hoteles comparten toda la información respecto a las prácticas sustentables que llevan a cabo y así, los visitantes pueden elegir de forma más consciente y clara la opción de hospedaje que prefieran. Por otro lado, la ciudad trabaja en conjunto con estas propuestas ecológicas para reconocerlos y promoverlos por implementar políticas sustentables (Carpenter, 2020).

Mencionando otras ciudades que destacan en su impacto positivo para el medioambiente se tiene a Seattle, Washington, que se caracteriza por la limpieza de los ríos, huertos públicos y el aumento del uso de la energía hidroeléctrica; San Francisco, California por sus leyes que exigen el reciclaje y su gran uso del compostaje; Portland, Oregon en donde la mitad de su energía proviene de fuentes sostenibles; Atlanta, Georgia con la creación de

los programas EcoDistricts y Look Up Atlanta, la primera creada para reducir espacios vacíos, ampliar espacios verdes y promover las energías alternativas, mientras que la segunda potencia los recursos comunitarios en pos de reducir las brechas sociales (Carpenter, 2020).

Cabe señalar que los avances de los proyectos anteriormente nombrados no serían posibles de alcanzar sin la implementación de la IA. Esta se encuentra presente en la creación de paneles solares y autos eléctricos, además de cumplir funciones específicas en el mantenimiento y productividad de ambas creaciones. Para el traspaso de información son necesarios softwares que puedan trabajar con miles de datos y entregar resultados válidos y adecuados para la posterior toma de decisiones, lo cual es posible hoy en día gracias a la big data y el Internet de las Cosas.

Una de las grandes innovaciones que ha tenido el país ha sido la utilización de la IA para proteger hábitats terrestres y marinos. La ingeniera medioambiental, Hunter Connel, fundó la empresa “Terrafuse AI”, la cual pronostica el cambio climático con la finalidad de desarrollar las herramientas necesarias para entender el riesgo de los incendios forestales. Este proyecto se suma a un creciente movimiento de tecnología climática en Estados Unidos. Los desarrolladores de software están recurriendo a la inteligencia artificial para resolver algunos de los principales problemas climáticos de la Tierra, desde salvar las tierras de los estragos causados por los incendios forestales hasta conservar los hábitats marinos.

Además, lanzó su primera herramienta gratuita y disponible al público llamada “Wildfire AI”, la cual, mediante el uso de la inteligencia artificial, analiza la temperatura, la velocidad del viento y la sequedad del suelo para crear una puntuación de riesgo de incendio forestal para cualquier lugar de California, uno de los Estados del país en donde más catástrofes de este tipo ocurren. A futuro se espera integrar el riesgo climático, con

información proporcionada con inteligencia artificial, para la toma de decisiones en todas partes.

Por otro lado, el ingeniero de software estadounidense Drew Gray desarrolló “ReefOS”, una plataforma de IA, que tiene el objetivo de vigilar la salud de los arrecifes de coral en tiempo real. Al utilizar una red de cámaras y sensores submarinos, la plataforma recopilará y estudiará datos como la población de peces, la biodiversidad de especies, el crecimiento de los corales y la temperatura del agua, entre otras variables. Dichos datos se utilizarán para informar a diversos investigadores y organizaciones, con el objetivo de conservar los valiosos ecosistemas de vida marina que dependen de los arrecifes de coral para vivir. (ShareAmerica, 2021)

Ambas tecnologías proporcionan una visión profunda tanto del cambio climático como de la biodiversidad del ecosistema del mundo marino con un nivel de detalle que serían imposibles de lograr para un ser humano. Estas mediciones permiten realizar un esfuerzo más eficaz en ambos casos, planteando estrategias y toma de decisiones más rápidas y duraderas, en donde se puede cuantificar el impacto de las acciones a través del tiempo y utilizar esa información para mejorar los métodos futuros, a través de un ciclo de mejora continua (ShareAmerica, 2021).

A pesar de todos lo mencionado hasta ahora, el país se encuentra al debe en términos de desarrollo sostenible, ubicándose en el puesto 32 entre los 193 estados miembros de Naciones Unidas, según el informe de la Red de Soluciones para el Desarrollo Sostenible (SDSN). Esto crea un gran desafío al futuro que puede ser alivianado por la gran inversión que ha tenido el país últimamente en materia de IA, en donde se estima que alcanzaría los

120.000 millones de dólares en 2025, siendo líder a nivel mundial, según IDC Communications (Iglesias, 2022).

4.2 China

China es el país en desarrollo más grande del mundo, pero a la vez es el mayor contaminante dado que su consumo de energía sigue creciendo con fuerza a medida que otros han alcanzado su punto máximo o se han estancado. Por ello, su participación en la implementación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible es sumamente importante y ha demostrado su interés en ello. Últimamente ha logrado un progreso significativo en el cumplimiento de los ODS, incluida la eliminación de la pobreza, la protección del medio ambiente marino, el uso efectivo de la energía, la lucha contra el cambio climático y la conservación de los ecosistemas terrestres. Además, el ministro de Ecología y Medio Ambiente, Huang Runqiu, afirmó que los 98,99 millones de residentes rurales que vivían por debajo de la línea de pobreza actual superaron dicha situación, lo que indica el alcance total del ODS 1 antes de lo previsto. Por otro lado, se anunció el plan para alcanzar un máximo de emisiones de dióxido de carbono antes del 2030 y lograr la neutralidad de carbono antes de 2060. Lo anterior ha sido eficazmente integrado en su diseño general de desarrollo económico y social y ha construido el sistema de energía limpia más grande del mundo. Por último, China ha fortalecido la cooperación internacional en los campos del cambio climático, la gobernanza de la contaminación marina y la conservación de la biodiversidad, preparándose para asumir responsabilidades internacionales acordes con el nivel de desarrollo (Naciones Unidas, 2022).

Lo anterior se suma al plan de inteligencia artificial lanzado en 2017 por el Gobierno chino, en el que destaca la necesidad de priorizar esta tecnología como oportunidad para

construir una ventaja en el desarrollo del país acelerando los procesos para fomentar el crecimiento de esta industria e inyectar un nuevo impulso para su desarrollo económico. Sin embargo, no todo es financiero y es que China sabe que al implementar la IA se podrá mejorar ampliamente la educación, la salud, las pensiones, la protección del medio ambiente, el funcionamiento de las ciudades y los servicios públicos, por lo que mejorará en general la calidad de vida de la población. De esta forma, China se propone ser líder en IA tanto en innovación, desarrollo y formación, teniendo ya establecidas las leyes adecuadas para este objetivo para el año 2030, habiendo implementado esta tecnología en la producción, medicina, ciudades, agricultura y defensa nacional (Observatorio IA, 2017).

Sin embargo, al tener consumos tan altos y estar en un crecimiento que no se ha detenido, el país debe redoblar sus esfuerzos si desea alcanzar las metas propuestas para la Agenda 2030 y para la neutralidad de carbono para 2060.

4.3 Unión Europea

Luego de potencias como Estados Unidos y China, la Unión Europea es el siguiente ente mejor preparado para invertir y promover el desarrollo sustentable y la inteligencia artificial. Es más, según Gentiloni, comisario europeo de Economía, los ODS son una brújula para guiar a la Unión Europea, en donde la superación de las dos crisis vividas últimamente (pandemia por COVID-19 y la invasión de Rusia a Ucrania), suponen un esfuerzo de no volver a lo de siempre, sino de transformar el modelo económico de la UE y su capacidad de recuperación general (Naciones Unidas, 2022).

Bajo este contexto, los mayores avances se han producido en el ámbito de la paz, la justicia y las instituciones sólidas (ODS 16), ya que la vida en la UE es cada vez más segura

y el gasto público en los tribunales ha aumentado. Otro avance importante se ha dado en los objetivos de “Vida bajo el agua” (ODS 14) y “Agua limpia y saneamiento” (ODS 6), en donde se tienen datos favorables en las tendencias de conservación marina y pesca sostenible.

Sin embargo, hubo una evolución negativa en lo que respecta a la “Vida en la Tierra” (ODS 15), ya que los ecosistemas y la biodiversidad siguen bajo la presión de las actividades humanas. Por otra parte, los avances hacia la acción climática (ODS 13) mostraron un panorama desigual en los ámbitos de la mitigación, la adaptación y la financiación del clima. A pesar de que la UE ha reducido sus emisiones netas de gases de efecto invernadero en aproximadamente un 31% desde 1990, es necesario cumplir con un objetivo del 55% para el 2030 para que se la disminución tenga un impacto real en este ODS. Además, las pérdidas monetarias derivadas de las catástrofes meteorológicas y climáticas han seguido aumentando en los últimos años. Los progresos en el ámbito de la salud de los océanos también han sido desfavorables, donde la acidez del mar sigue aumentando debido a la absorción de dióxido de carbono en los océanos del mundo.

En otro aspecto, los desafíos y medidas tomadas por los gobiernos en respuesta al brote del virus COVID-19 han tenido resultados controversiales y que aún no están del todo cuantificables. Por ejemplo, las restricciones en la vida pública condujeron a un descenso en el consumo de la energía en 2020, lo que se traduce en un progreso hacia la “Energía asequible y limpia” (ODS 7), sin embargo, las recientes subidas de los precios de energía y el impacto que tuvo la pandemia en la calidad y bienestar de las personas aún no son datos que se encuentran disponibles y/o que se reflejen en los informes creados.

Las tendencias en los ámbitos de “Ciudades y comunidades sostenibles” (ODS 11), “Reducción de las desigualdades” (ODS 10), “Consumo y producción responsables” (ODS

12), “Educación de calidad” (ODS 4) y “Hambre cero” (ODS 2) presentan un panorama algo heterogéneo, pero en promedio moderadamente favorable. El coche sigue siendo el medio de transporte preferido en comparación con el autobús y el tren, una evolución que probablemente se verá agravada por la crisis de COVID-19. Se han producido mejoras en lo que respecta a la privación de vivienda, la exposición al ruido y la aparición de delitos, violencia y vandalismo. En educación, el aprendizaje de los adultos ha aumentado desde 2016, pero la proporción de alumnos con bajo rendimiento en lectura, matemáticas y ciencias también ha aumentado. En alimentación y agricultura, se ha producido un aumento constante de la agricultura ecológica y ha disminuido el uso de plaguicidas peligrosos, pero se ha producido un claro aumento del número de personas obesas. (Naciones Unidas, 2022)

Bajo el contexto anterior y del conocimiento de que la IA puede mejorar la calidad de vida de las personas, la Comisión Europea ha propuesto un conjunto de acciones para impulsar la excelencia en IA, así como normas para garantizar que esta tecnología sea fiable y merezca la confianza de los ciudadanos. De aquí se llevó a cabo el Reglamento sobre un planteamiento europeo en esta materia y la actualización del Plan Coordinado sobre la IA, cuyo objetivo es reforzar al mismo tiempo la inversión y la innovación en todos los países miembros de la Unión Europea (Comisión Europea, 2022).

En cuanto a las acciones de la UE para lograr avances tangibles se destaca el Acuerdo Verde Europeo, un acuerdo por convertirse en el primer continente neutro desde el punto de vista climático y la Ley del Clima, que establece el objetivo legalmente vinculante de cero emisiones netas de gases de efecto invernadero para 2050 (Naciones Unidas, 2022). Además, un marco estratégico de la UE es potenciar y desarrollar la inteligencia artificial en diversos sectores, a la vez que ofrece a los ciudadanos la confianza necesaria para que acepten las

soluciones basadas en IA, animando al mismo tiempo a las empresas a desarrollarlas e impulsarlas (Comisión Europea, 2022).

Por otro lado, en 2018, la Comisión y los Estados miembros de la UE dieron el primer paso, aunando sus fuerzas a través del Plan Coordinado sobre la IA, que ayudó a sentar las bases de las estrategias nacionales y la evolución de las políticas. La actualización de 2021 del Plan Coordinado sobre la IA lleva la estrategia a la práctica y está en consonancia con las dos prioridades parejas de la Comisión: la digital y la ecológica, así como con la respuesta de Europa a la pandemia por coronavirus. Al fomentar la excelencia de la IA desde el laboratorio hasta el mercado, el Plan Coordinado propone una visión de futuro en la que se aceleran las inversiones en IA, se actúa sobre las estrategias de IA para su aplicación oportuna y se armonizan las políticas de este ámbito a escala de la UE. En el contexto de estos esfuerzos la Comisión tiene previsto establecer:

- Una asociación público-privada sobre inteligencia artificial, datos y robótica para definir y aplicar una agenda estratégica común de investigación, innovación y despliegue para Europa, y para invertir en ella.
- Nuevas redes de centros de excelencia en IA para fomentar el intercambio de información y conocimientos especializados, desarrollar la colaboración con la industria y fomentar la diversidad y la inclusión.
- Instalaciones de ensayo y experimentación para experimentar y probar la tecnología más avanzada en entornos reales.
- Centros de innovación digital, ventanillas únicas para facilitar el acceso a los conocimientos técnicos y la experimentación, de modo que las empresas puedan «probar antes de invertir».

- Una plataforma de IA a la carta que servirá de arsenal central europeo de recursos de IA (por ejemplo, conocimientos especializados, algoritmos, marcos de software o herramientas de desarrollo), necesario para la industria y el sector público.

En cuanto a creación de proyectos, la UE ya ha financiado algunos que ofrecen soluciones en todos los ámbitos de la sociedad. De aquí se pueden ejemplificar industrias que aportan en tres ámbitos en los que el uso de la tecnología de IA ha sido especialmente beneficioso como es la salud, el medio ambiente y la lucha contra la desinformación:

1. El proyecto CDAC contribuyó al desarrollo y la validación clínica de tecnologías innovadoras que ya se han utilizado para la rehabilitación de más de 3.000 pacientes que han sufrido accidentes cerebrovasculares en toda Europa.
2. El proyecto ANTARES está desarrollando tecnologías de sensores inteligentes y microdatos que ayudan a los agricultores a producir más alimentos de manera sostenible para la sociedad, los ingresos agrícolas y el medio ambiente.
3. WeVerify ofrece sistemas de verificación, como plugins que pueden ayudar a verificadores de datos, periodistas, defensores de los derechos humanos y ciudadanos a desmentir y verificar vídeos e imágenes en línea.

La UE tiene potencial para convertirse en el líder mundial en inteligencia artificial segura. Al desarrollar un marco reglamentario sólido basado en los derechos humanos y los valores fundamentales, la UE puede desarrollar un sistema de IA que beneficie a las personas, las empresas y los gobiernos. (Comisión Europea, 2022)

Ahora bien, conociendo la situación macro de la Unión Europea, se darán a conocer los principales avances de algunos países miembros, con el fin de contar también con una visión micro del continente.

4.3.1 *Finlandia*

Según el rating desarrollado por el “Reporte de Desarrollo Sustentable” del año 2022, Finlandia se ubica como el país más cercano en lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Véase [Anexo 2](#)), y es que para esta nación los ODS se han convertido en una importante prioridad política, en donde el programa del gobierno está basado en el desarrollo sostenible y los objetivos también están integrados en la preparación del presupuesto. Además, fue el primer país del mundo en realizar una exhaustiva evaluación a la política de desarrollo sostenible y ocupa la presidencia semestral del Consejo de la Unión Europea.

Por otro lado, las empresas finlandesas están comprometidas con las soluciones sustentables a nivel mundial. Por ejemplo, Finlandia tiene uno de los mercados de redes inteligentes más avanzados del mundo y ofrece soluciones de energía inteligente. También es una de las líderes mundiales en el campo de las contribuciones a la innovación global de energía limpia. Muchas empresas finlandesas ya se han dado cuenta de que la implementación de los ODS crea nuevos mercados y, al mismo tiempo, cada vez más inversores requieren medidas para alcanzarlos. Más de 430 empresas finlandesas se han comprometido voluntariamente con objetivos de desarrollo sostenible, lo cual les permite obtener una ventaja competitiva.

Aditivamente, Finlandia aspira a desarrollar el mercado de economía circular más ambicioso del mundo, que fomentará las inversiones y la creación de nuevas soluciones. En

septiembre de 2016 anunció el primer Mapa de Ruta Mundial para la Economía Circular (2016-2025). Desde entonces, otros nueve países de la UE han seguido el ejemplo, elaborando planes de acción similares. Además, el concepto de la economía circular se enseña ampliamente en las escuelas y ya hay una generación de jóvenes finlandeses que conoce bien el fenómeno.

Por otra parte, la experiencia finlandesa con base biológica y soluciones innovadoras ofrece a las empresas nuevas oportunidades de negocio y potencial de crecimiento. El sistema de pago de recompensas por los envases retornables funciona muy bien: el 95% de las latas de metal y el 93% de las botellas de plástico vuelven para reciclarse, mientras que el 98% de las botellas de vidrio es reutilizado. Además, el tratamiento y reciclaje de residuos es solo una pequeña parte de la economía circular. Solo el 1% de los residuos se destinan a basureros; el 40% de los materiales se reciclan y el 58% se utilizan para energía (Vanamo-Santacruz, 2019).

En cuanto al cuidado del medioambiente el país se caracteriza por ser uno de los mejores del mundo. En la lista que elabora desde hace varios años el Foro Económico Mundial (Índice de Sostenibilidad Ambiental) Finlandia siempre se ha ubicado en los primeros lugares. Entre las virtudes del país están el alto nivel de su administración, su legislación medioambiental y la preocupación por la protección en todos los sectores de la sociedad.

Las medidas tomadas para combatir la acidificación representan uno de los éxitos más significativos en el campo de la protección ambiental. El terreno de Finlandia está por naturaleza expuesto a la acidificación, ya que no posee demasiada cal para prevenir la acción acidificante del azufre y del nitrógeno. La acidificación perjudica a muchas plantas y

especialmente a la vida acuática. Particularmente sensibles son los sistemas hidrográficos y los bosques del norte, cuyas defensas contra la acidificación son débiles.

Gracias a los acuerdos ambientales, a los combustibles más limpios y al desarrollo de técnicas de limpieza, Europa ha logrado reducir sus emisiones acidificantes. Como consecuencia de la disolución de la Unión Soviética también se han reducido las emisiones que se introducen en Finlandia provenientes de su frontera oriental. Las emisiones de azufre en la atmósfera de Finlandia son hoy la cuarta parte de las de 1990, y las de nitrógeno el 60% menos (Lyytimäki, s.f.).

Por parte de la innovación y tecnología, el país creó un plan de acción basado en 4 pilares: “Lifelong Learning” (aprendizaje a lo largo de la vida), la implementación de un sistema nacional de innovación, el incremento de la inversión en I+D y, por último, ser considerados un laboratorio de aplicaciones de la sociedad de la información y del conocimiento. Además, impulsa el desarrollo de software y hardware para mejorar el sistema educativo e invierte en cursos para educar a su población sobre la inteligencia artificial.

4.3.2 Dinamarca

Es el segundo país cercano en lograr los ODS, sin embargo, para muchos gobiernos resulta un modelo a seguir para alcanzar las metas en el ámbito del desarrollo sustentable y la innovación en IA. A través de los años ha surgido la iniciativa de posicionar a Dinamarca como una nación pionera en aspectos económicos innovadores, considerando el desarrollo de economías verdes, aumentando la cobertura del gobierno ante la población e incorporando estrategias de desarrollo ambiental sostenible, asimismo, nace la visión de ser un país seguro donde se salvaguarden las libertades fundamentales de libertad personal y responsabilidad

individual, con una democracia abierta y alto nivel de cultura, donde se tengan en consideración los intereses daneses de influir en el desarrollo global en una dirección más estable y sostenible a través de un fuerte compromiso internacional (Ladino, 2020).

Dentro del plan estratégico de desarrollo de Dinamarca, se evidencia que las asociaciones con los diferentes actores contribuyen a la innovación y propuesta de nuevas soluciones para el cumplimiento de los ODS, donde se alienta a la comunidad a participar activamente. Además de esto, el gobierno, cuando lo considera necesario, involucra al sector privado, las instituciones de investigación y conocimiento, la sociedad civil, los municipios y regiones en la implementación y formulación de proyectos para el desarrollo sostenible.

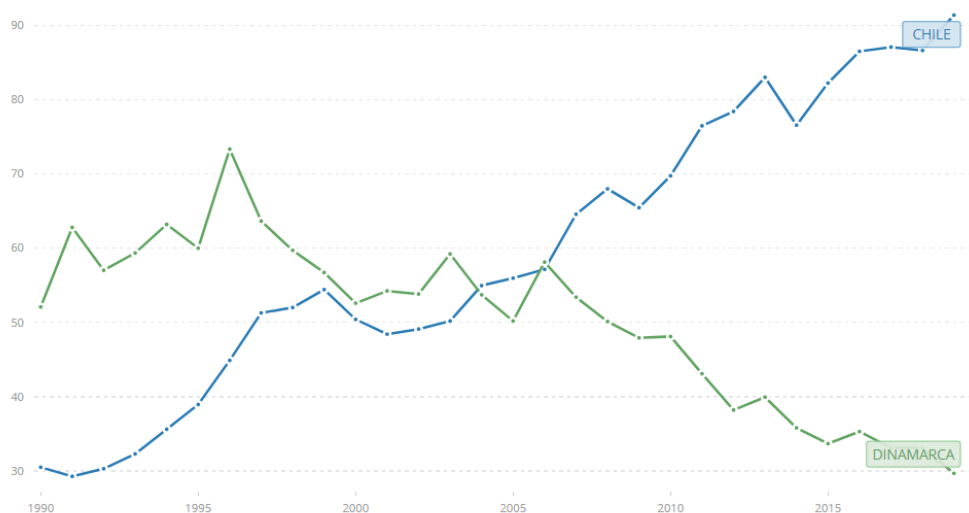
Revisando la gestión ambiental, el país nórdico destaca por su alta eficiencia energética y la integración de energías renovables en el sistema energético, lo que ha contribuido al desarrollo de soluciones tecnológicas danesas líderes en el campo. Asimismo, Dinamarca es líder en planificación urbana, donde prácticamente todos los ciudadanos del país tienen acceso a hogares con un alto estándar y acceso a servicios básicos como agua, saneamiento y electricidad. Las ciudades danesas son generalmente seguras y los sistemas de infraestructura y transporte, incluidos los públicos, funcionan bien (Ladino, 2020).

Un proyecto que se destaca es “Proyecto Cero” con el cual busca convertir a Sonderborg en la primera ciudad europea libre de las emisiones de CO₂. Su objetivo: demostrar que el objetivo de 2030 es posible, con la participación activa de las empresas y los ciudadanos locales. El proyecto, impulsado por la propia ciudad, reúne fondos del municipio y de las compañías de energía danesas.

Según la empresa que controla el progreso del proyecto, las emisiones de CO₂ se han reducido en casi un 40%. Quedan por eliminar 700.000 toneladas de emisiones. Un parque eólico en estudio reduciría esta cifra a 400.000 toneladas en 2025. En la gráfica siguiente se puede ver como las emisiones de Dinamarca presentan una tendencia a la baja desde 1996, frente a la tendencia alcista de nuestro país.

Figura 14

Emisiones de CO₂ de Chile y Dinamarca entre 1990 y 2019.



Nota. Los datos se encuentran en miles de kilotoneladas (kt). Fuente: Centro de Análisis de Información sobre Dióxido de Carbono, División de Ciencias Ambientales del Laboratorio Nacional de Oak Ridge (Tennessee, Estados Unidos).

El Proyecto Cero involucra no sólo a las empresas, sino también a los ciudadanos y sus casas, que son particularmente contaminantes. Soluciones como la calefacción urbana, generada por energías renovables, o las células fotovoltaicas se utilizan para reducir el consumo doméstico.

Sonderborg quiere conectar los sectores que consumen energía con los que la producen. Por ejemplo, dos plantas de biogás en construcción transformarán los desechos agrícolas, industriales y domésticos en gas renovable. Y el transporte público funcionará con biocombustible. Se trata de logros alentadores, pero siguen existiendo importantes desafíos (Koutsokosta & Gauret, 2020).

4.3.3 *Suecia*

Siendo el tercer país más cercano por cumplir con los ODS, se caracteriza por tener una normativa nacional clara, con la definición de objetivos nacionales, aplicados de manera autónoma por los municipios, con impuestos que incentivan la reutilización, el reciclaje y la generación de energía limpia castigando la disposición final de residuos incinerables y de residuos orgánicos.

En el país se destacan dos ciudades por sobre el resto: Vaexjoe y Malmö, conocidas por ser modelos de la economía sostenible. Ambas se caracterizan por utilizar residuos orgánicos para producir biocombustibles. En la primera, se desarrolla energía limpia a partir de musgo, un campo que nació en 1970 y se ha ido expandiendo y actualizando a las nuevas tecnologías, logrando que casi toda la ciudad pueda obtener calefacción y agua caliente por este medio. Mientras que, en la segunda ciudad mencionada, se utiliza combustible producido con residuos orgánicos para alimentar la mayor parte de los camiones de basura de la ciudad. Además, cuentan con una gran tasa de reciclaje textil y un gran uso de bicicletas y autobuses eléctricos.

Por otro lado, el país en general se destaca por la conversión de basura en energía y en la educación y concienciación de su población para aportar en el cuidado del

medioambiente y en la transición a una matriz renovable. Además, en el año anterior Suecia se convirtió en el primer país en comprometerse a establecer un objetivo nacional para reducir sus emisiones de CO₂ importadas basadas en el consumo (Cambridge, 2022).

En otro aspecto, el gobierno sueco ha alineado sus metas en igualdad de género con sus objetivos de IA. De este modo, el país nórdico busca utilizar la IA para: promover la división igualitaria del poder y la influencia; la igualdad en educación; la distribución igualitaria de los cuidados y los trabajos no remunerados; la igualdad económica; acabar con la violencia de género; y garantizar el acceso y disfrute igualitario a la salud. Uno de sus proyectos más innovadores, Ceretai, busca desarrollar herramientas automatizadas para la detección de normas, patrones y estereotipos discriminatorios presentes en la cultura popular. Otros proyectos interesantes son Rikare II, que pretende desarrollar un algoritmo que tome decisiones respecto a la concesión de financiación para proyectos emprendedores y de negocios, o Nibye, una organización sueca que está desarrollando un reloj para detectar una agresión a una mujer en tiempo real, de tal manera que sea notificada automáticamente a un amigo o familiar (Ortiz & Guevara, 2021).

4.3.4 *España*

La directora general de aelēc, la Asociación de Empresas de Energía Eléctrica, destaca la buena posición del sector energético español en la aplicación de IA, aunque insiste en la necesidad de seguir avanzando en esta dirección. Resalta el buen desarrollo que ha tenido el país en “smart grids” o “redes inteligentes”, con la instalación de contadores inteligentes que permiten gestionar los datos de consumo en intervalos de tiempo mucho más cortos. Sin embargo, menciona que es necesario continuar avanzando para monitorizar y controlar los consumos y producciones que se realizan en todo momento. Para ello, las

empresas de aelēc tiene previsto invertir más de 20.000 millones de euros en esta década para conseguir este propósito (Aserta, 2021).

Mencionando algunos ejemplos prácticos, se tiene el acuerdo entre UFD, la distribuidora del Grupo Naturgy, y Microsoft para su solución “Smart Energy Platform”, la cual consiste en aplicar la tecnología de la suite de Microsoft Azure IoT en el desarrollo e implementación de un sistema de supervisión remota en su red de distribución eléctrica. Esto es posible gracias a la instalación de distintos tipos de sensores de bajo consumo, desarrollados a medida de las necesidades del proyecto, que ofrecen un sistema avanzado de monitorización y aprovechan el potencial de la nube para realizar un análisis en tiempo real. La adopción de este sistema sirve a Naturgy para optimizar el mantenimiento y mejorar el estado de su red de distribución de un modo proactivo, permitiendo a la compañía anticiparse a la aparición de incidencias, generar un ahorro de costes y mejorar el servicio a los clientes. Además, la plataforma a crear permite optimizar el rendimiento de sus redes, analizando los datos proporcionados por los sensores para conocer la carga que soporta cada cable en tiempo real y su capacidad máxima en cada momento, teniendo en cuenta aspectos como temperatura, humedad, etc. Asimismo, ayuda a racionalizar el uso de la infraestructura y permite realizar una optimización dinámica de la carga soportada, con el fin de alcanzar la máxima eficiencia y evitar la saturación de puntos concretos de la red. (Microsoft, 2019).

Otra muestra es la alianza firmada entre Siemens Gamesa Renewable Energy y Microsoft. La compañía ha apostado por la tecnología Azure AI con el fin de procesar las imágenes captadas por drones para inspeccionar las palas de sus aerogeneradores, a más de 100 metros de altura. Dichos drones toman alrededor de 400 fotos de las tres palas de cada turbina en 20 minutos. La inteligencia artificial revisa automáticamente su estado,

identificando claramente las aspas en las fotos —diferenciándolas del agua, del cielo o de otros elementos irrelevantes— y permite distinguir las grietas y defectos, sin confundirlas, por ejemplo, con excrementos de aves u otros elementos que puedan dar lugar a error (Microsoft, 2019).

Además, Enrique Díaz Plaza, especialista en soluciones industriales de IBM España, señala que la Red Eléctrica de España está utilizando plataformas para optimizar la gestión de sus activos basadas en IA. Esto se materializa a través de SAGA (Solución Avanzada de Gestión de Activos), plataforma desarrollada por Elewit, con la colaboración de IBM. También pone de ejemplo a Endesa, quien utiliza soluciones de atención al cliente cognitivas que, gracias al uso de agentes virtuales, consigue mejorar la experiencia del cliente y del empleado al reducir el tiempo operativo y aumentar la eficiencia del servicio humano. La compañía también cuenta con el proyecto “Pastora”, que recurre a la IA para mejorar el control en tiempo real y el mantenimiento preventivo de la red de distribución (Aserta, 2021).

4.3.5 *Grecia*

Una de las aplicaciones de la IA que ha tenido éxito en este país tiene que ver con la Gestión Urbana desarrollada por Kouziokas (2017) sobre las mejoras en la calidad y seguridad de los servicios de transporte público, donde mencionó que la administración pública ha optado por aplicar métodos de la IA para generar modelos predictivos de redes neuronales artificiales en las áreas de transporte de alto riesgo de delincuencia, además de sistemas de información geográfica para realizar análisis espaciales con el fin de identificar las regiones con una alta concentración de incidentes delictivos. Dicho estudio implementó un algoritmo de gradiente conjugado escalado, como algoritmo de entrenamiento, para la generación de los modelos de redes neuronales de retroalimentación, ya que el mismo fue

considerado como uno de los algoritmos de aprendizaje más rápidos en comparación con varios otros equivalentes. Sus resultados mostraron una muy buena precisión de predicción, considerándolo como muy prometedor y puede promover políticas de gestión del transporte más seguras, especialmente en las ciudades donde las tasas de criminalidad son muy altas.

4.4 Latinoamérica

Un informe publicado por Economist Impact, titulado “Seizing the opportunity: the future of AI in Latin America” explora el desarrollo de la inteligencia artificial en la región, con un foco especial en Argentina, Brasil, Chile, Colombia y México, y trata de responder la pregunta: ¿Los países latinoamericanos se están moviendo lo suficientemente rápido y están implementando las políticas adecuadas para maximizar los beneficios de la IA y minimizar los impactos negativos que podría tener?

Hay que destacar que los hallazgos se encuentran respaldados por Google y se basan en investigaciones documentales y un programa de entrevistas a profundidad con diversos ejecutivos de empresas y start-up que están utilizando la IA en sus procesos como estrategia de negocio y así potenciar la innovación, además de funcionarios públicos y de organismos internacionales como la CAF y el BID.

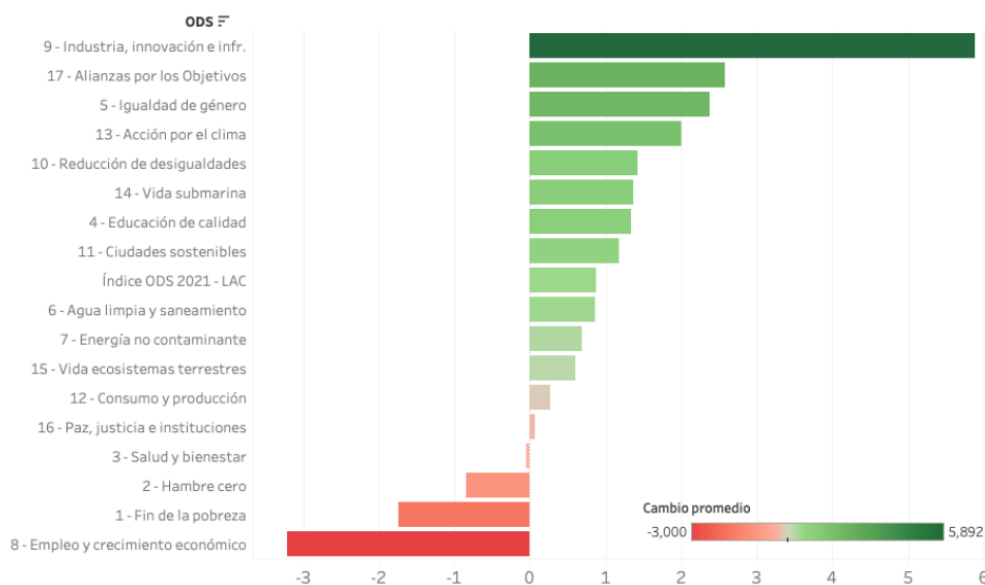
A modo general, el informe presenta que el sector privado es el que ha estado liderando el camino de la IA en la región y que las políticas públicas se caracterizan por su alto grado de discontinuidad, con iniciativas que cambian o se archivan con frecuencia. Además, indica que los desafíos más importantes son reducir la brecha de la infraestructura y la necesidad de cultivar el talento nacional. Sin embargo, existen grandes oportunidades,

como es el caso del área de salud y el sector financiero, en donde se están dando los mayores crecimientos e inversiones (Olarte, 2022).

Por otro lado, en cuanto al desarrollo sustentable, se han presentado avances en la industria, la innovación, la creación de alianzas para la consecución de los ODS, acción por el clima y reducción de desigualdades y, por el contrario, se ha tenido un retroceso en la salud y bienestar, el fin de la pobreza, el empleo y el crecimiento económico. Estos datos, junto al detalle del resto de los objetivos del desarrollo sostenible, pueden verse en la [Figura 15](#) en donde se detalla el avance o retroceso desde 2015, año base en donde se establecieron los objetivos para la Agenda 2030. Para un mayor detalle de cada ODS según país de Latinoamérica véase el [Anexo 3](#).

Figura 15

Progreso desde la adopción de la Agenda 2030 (2015 - 2021), por ODS.



Nota. Se muestra el cambio promedio de cada índice de los ODS 2015 vs 2021 (0-100).

Extraído del informe “Índice ODS 2021 para América Latina y el Caribe” (Centro de los Objetivos del Desarrollo Sostenible para América Latina, 2022).

Ahora, entrando en detalle, se presentan los éxitos que han tenido los países focos de la investigación desarrollada en el informe mencionado.

4.4.1 Brasil

Según el documento de Economist Impact, Brasil es el país de más preparado de la región en cuando a implementación de la IA se refiere, ya que el sector privado está aplicando rápidamente esta tecnología en diversos sectores como finanzas y banca, salud, agricultura y desarrollo sostenible., ubicándose como líder en el Índice Global de IA de The Economist para Latinoamérica.

En el sector financiero se destaca Nubank, que tras su oferta pública inicial de diciembre de 2021 alcanzó una valoración de US\$ 45.000 millones. Este banco utiliza IA para las decisiones crediticias, así como para hacer inteligencia financiera.

En el sector de agtech (IA enfocada a la agricultura), donde Brasil alberga más de mitad de las empresas de la región, destaca Traive, una start-up que aprovecha la IA para otorgar crédito a las pequeñas y medianas empresas, y en particular a las granjas.

Otra de las inversiones que destaca el informe es el proveedor de soluciones antifraude “idwall”, que ha conseguido una inversión de US\$ 54 millones desde que se fundó en 2016. La compañía utiliza big data y aprendizaje automático para analizar datos de las instituciones gubernamentales y financieras para detectar posibles fraudes relacionados con registros y compras en línea, y para el robo de identidad.

En julio de 2021, el gobierno del país publicó la Estrategia Brasileña para la Inteligencia Artificial, en donde propone eliminar las barreras a la innovación en IA,

fomentar el desarrollo de habilidades, promover la inversión en I+D y desarrollar principios éticos para el uso responsable de la IA.

También existe un gran esfuerzo de la nación por desarrollar el talento en IA. Referente a esto, se destacan dos iniciativas universitarias que buscan aprovechar esta tecnología para ayudar a detectar condiciones de salud. La tecnología de aprendizaje automática desarrollada en la Universidad de Sao Paulo ayudará a los profesionales de la salud a evaluar si los pacientes tienen dengue, zika o Chikunguña. Mientras que la herramienta VisualLab, de la Universidad Federal Fluminense (UFF), planea utilizar el procesamiento de imágenes en base a la IA para la detección del cáncer de mama. (Thillien, Mackie, Kingsley, Iyer, & Wood, 2022)

4.4.2 Argentina

Para el caso de Argentina, el informe destaca la inversión centrada en los sectores financieros, de recursos humanos y agrícola. Para el primer sector, se resalta la inversión de US\$350 millones en la Fintech Ualá, logrando una valoración de US\$2.450 millones. Esta empresa implementa la IA en todos sus negocios, incluida la incorporación de nuevos clientes.

El sector agtech de Argentina es el segundo más activo de la región (después de Brasil), y representa un 23% de todas las startups orientadas al sector agrícola en América Latina que ocupan la IA en sus procesos. De aquí se destacan dos compañías. Por una parte, está Kilimo, una solución basada en la inteligencia artificial que busca evitar el desperdicio de agua, optimizando el uso de agua dulce en la agricultura. Por otro lado, está GBOT, la

cual combina IA y robótica para ayudar en la selección de variedades de cultivos adaptadas a entornos específicos.

Este país publicó su Plan Nacional de IA en 2019, sin embargo, no se implementó hasta el 2021, en donde el sector público diseñó un programa de software capaz de automatizar tareas burocráticas y mejorar la eficiencia pública. Además, Buenos Aires utiliza la IA para preparar automáticamente documentos judiciales, lo que reduce en un 99% el tiempo dedicado a algunos procesos. Estos aspectos, lo hace liderar en el índice de Preparación para la Automatización en la región, según el Índice Global de IA de The Economist. (Thillien, Mackie, Kingsley, Iyer, & Wood, 2022)

4.4.3 Colombia

El sector Fintech de Colombia ha impulsado activamente la adopción de IA en el país. En 2021, por ejemplo, los reguladores colombianos autorizaron las operaciones del neobanco de Rappi, una empresa que ha utilizado durante mucho tiempo la IA para dar sentido a su vasta colección de datos sobre consumo.

Según el informe de The Economist, la coordinación de alto nivel ha logrado que Colombia sea considerada una incubadora de empresas impulsadas por IA. El país lidera el Índice en Número de Iniciativas de Políticas IA, con 30.

Colombia emitió su Política Nacional de Transformación Digital e Inteligencia Artificial en noviembre de 2019, y su estrategia se fija el objetivo de introducir sandboxes (entornos controlados) regulatorios, establecer estándares para garantizar la inclusión de la implementación de IA y producir un marco ético nacional de IA. Asimismo, la creación por parte del gobierno de un dashboard de IA para el sector público ha ayudado a mostrar la

implementación exitosa de IA dentro del gobierno, al mismo tiempo que incentiva a los funcionarios a definir desafíos donde esta tecnología podría contribuir a las soluciones. A esto se agrega la emisión del Marco Ético de Inteligencia Artificial en Colombia, el primer documento de su tipo en la región.

Como ejemplo del resultado de estas políticas en el sector público, el informe menciona que las fiscalías de Colombia utilizan datos para detectar la corrupción, a fin de llevar los casos a juicio. Según los expertos, al menos 20 proyectos diferentes dentro del gobierno están utilizando IA, desde un sistema para revisar las sentencias de los tribunales superiores y garantizar que se cumplan las decisiones, hasta el uso de análisis de datos y procesamiento de imágenes para ayudar a determinar dónde se deben construir o mejorar las carreteras terciarias. (Thillien, Mackie, Kingsley, Iyer, & Wood, 2022)

4.4.4 México

Según el informe de Economist Impact, México se ve con un fuerte crecimiento en materia de IA, en donde el número de nuevas empresas de este sector se duplicó a 100 en 2020 y hubo un aumento similar el 2021, sin embargo, no lidera ningún índice de The Economist, lo cual, según el documento, se debe principalmente a un cambio de gobierno ocurrido el 2018 que detuvo el trabajo de México en muchas iniciativas digitales, lo que limitó la implementación de la IA.

México, a pesar de su importancia regional en los diferentes ecosistemas digitales, no ha publicado aún su estrategia digital. Sin embargo, las startups del país siguen implementado la IA ampliamente en los sectores de salud, comercio minorista, Fintech, logística y alimentos. Además, el informe destaca a Kavak, la plataforma en línea para la compra y venta

de autos usados que elevó su financiamiento total a US\$1.600 millones, convirtiéndose en unicornio. También resalta a la plataforma de pago en línea de Conekta, que facilita procesos seguros y optimizados para instituciones financieras. Estos casos sirven de ejemplo de cómo pequeñas y medianas empresas de tecnología financiera en México están adoptando cada vez más la IA en sus operaciones.

En cuanto a innovación, se destaca a Prosperia, una startup que utiliza IA para ayudar a los médicos a detectar las causas de la ceguera, mediante el análisis de imágenes digitales de alta calidad de los ojos de los pacientes. (Thillien, Mackie, Kingsley, Iyer, & Wood, 2022)

5 Propuesta de Políticas Públicas

Como se desarrolló a lo largo de los capítulos anteriores, tanto el desarrollo sustentable como la inteligencia artificial son conceptos sumamente amplios y trascendentales para la sociedad en el día de hoy. Ambos deben ser las principales preocupaciones de gobiernos y empresas, con el fin de progresar en el desarrollo y en la inversión de cada tema. Sin embargo, no son conceptos que se deban ver o tratar por separado, es más, el foco de la implementación de la IA siempre debe estar pensada en pos del bienestar común y de la sociedad, más allá de la explotación económica que pueda tener. En base a esto, surge la necesidad de presentar y desarrollar leyes que vayan de acuerdo con la ética social y sostenible, para obtener las mayores ventajas de la implementación y de los usos de la IA en el desarrollo sustentable, con el objetivo de alcanzar un crecimiento económico sin poner en jaque a las generaciones futuras.

Dicho esto, y en base a todo lo analizado anteriormente y al contexto actual del país, se propone, a modo de recomendación, dos políticas públicas para la correcta implementación de la IA en el desarrollo sustentable, para así acercarse al objetivo de que el país pueda avanzar y potenciar el conocimiento en ambos temas.

5.1 Ética y Gobernanza en el Uso de la Inteligencia Artificial para lograr el Desarrollo Sustentable.

5.1.1 Análisis y Justificación

Durante el presente informe se revisaron los diversos usos que tiene y puede llegar a tener la inteligencia artificial en pos del desarrollo sustentable, asimismo, se estudiaron casos de éxito de empresas y países que han logrado ocupar los grandes beneficios que ofrece hoy

en día la IA para avanzar en un crecimiento económico que no ponga en peligro al planeta y a las generaciones futuras. Todos los capítulos anteriores han servido de análisis y justificación para comprender la situación actual, tanto internacional como nacionalmente, las ventajas de la IA y la necesidad de que los países avancen en un camino conjunto que asegure la utilización de las nuevas tecnologías para el bienestar común.

Es en base a todo lo anterior que nace la propuesta de implementar una política pública que se centre en el uso de la inteligencia artificial para apoyar a los objetivos del desarrollo sustentable, incluyendo todo lo que ello conlleva: mitigación del cambio climático, preservación de la biodiversidad, gestión de recursos naturales, promoción de la agricultura sostenible, movilidad y ciudades sustentables, eficiencia energética, entre tantos otros temas tratados en el actual documento. No obstante, y tal y como se vio en el capítulo 3, a pesar de que la IA ofrece oportunidades y beneficios a la sociedad, también presenta riesgos y desventajas si no se utiliza de la forma adecuada, es por ello por lo que resulta importante asegurar que la IA se utilice de manera ética y responsable, respetando los derechos humanos, la privacidad y la seguridad.

Debido a su rápida evolución, y su incorporación creciente en la vida cotidiana, los usos y alcances de las tecnologías basadas en IA van más allá de la legalidad, y motivan un debate social: qué usos son beneficiosos y cuáles no para los individuos, comunidades y/o la sociedad en general; la interacción humano-máquina plantea oportunidades de colaboración, pero al mismo tiempo nuevas preguntas e impactos. Algunos de los temas que se relevan en este ámbito son la presencia o amplificación de sesgos no deseados en algoritmos y las bases de datos que alimentan los sistemas de IA; el desarrollo de sistemas de vigilancia basados en reconocimiento biométrico, los cuales al ser mal usados podrían poner en jaque nuestra

personalidad en el mundo digital (Garrido y Becker, 2017); el adecuado balance entre privacidad y explicabilidad con eficiencia y eficacia (Kearn & Roth, 2019), de modo de no comprometer el derecho a la privacidad en desmedro de ciertos grupos de la sociedad; la necesidad de consensos en aplicaciones como vehículos autónomos, desde los dilemas morales en accidentes fatales hasta los ciberataques a estas tecnologías; el impacto de la automatización en el área laboral (Autor & Salomons, 2018), en las cuales existirán riesgos asociados a pérdida de puestos de empleo en tareas que pueden ser realizadas por una máquina, pero se generarán a la vez nuevos roles (World Economic Forum, 2023), entre muchos otros temas.

Este escenario hace especialmente importante considerar las preocupaciones, ventajas y oportunidades que perciben las personas sobre esta tecnología y las soluciones basadas en ella. En este sentido, la búsqueda de soluciones a través de estándares y principios globales se enfrenta a la multiplicidad y diversidad de culturas e idiosincrasias en que los sistemas de IA están inmersos. Por lo mismo, las respuestas a las encrucijadas éticas no son únicas, dado que a lo técnico se acopla un debate social y político que debe propiciarse a nivel local. Por ello las culturas y las idiosincrasias locales deben ser tomadas en cuenta al momento de elaborar políticas y estrategias nacionales de IA (Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, 2021).

Sin embargo, hasta la fecha, la discusión que ha derivado en la creación de un catálogo de principios que deben regir la IA ha estado concentrada en el hemisferio norte, en particular en Estados Unidos y Europa. Esto se evidencia en la publicación del Harvard Berkman Klein Center: de 36 principios de IA identificados en el mundo, solo dos tienen su origen en Latinoamérica (Fjeld, Achten, Hilligoss, Nagy, & Srikumar, 2020). Otra

publicación analiza 84 documentos con lineamientos éticos, de los cuales ninguno procede de América Latina o África (Jobin, Ienca, & Vayena, 2019). El borrador de la Recomendación sobre la Ética de la IA de la UNESCO sometido a consulta pública hasta el 31 de julio de 2020 expresa esta preocupación:

Haciendo hincapié en que debe prestarse atención específica a los países de ingreso mediano bajo, incluidos, entre otros, los de África, América Latina y el Caribe y Asia Central, así como los pequeños Estados insulares en desarrollo, ya que han estado insuficientemente representados en el debate sobre la ética de la IA, lo que suscita la preocupación de que se descuiden los conocimientos locales, el pluralismo cultural y ético, los sistemas de valores y las exigencias de equidad mundial (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2020).

Esta concentración de la discusión hace sumamente relevante que los países en desarrollo se hagan parte y contribuyan desde su realidad local a la discusión de los principios que deben regir la IA. Se hace cada vez necesario que cada país analice si sus normas vigentes son suficientes, si requieren modificaciones, o si bien es pertinente el impulso y la generación de nuevas normas. En el caso de nuestro país, en ese análisis debemos considerar los proyectos de ley que permiten un uso seguro y confiable de la IA, estando entre ellos especialmente los que modifican las leyes No. 19.628, sobre protección de la vida privada (1999), y No. 19.223, que tipifica figuras penales relativas a la informática (1993) (Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, 2021), además de la actualización a la ley de I+D con un foco centralizado en la inteligencia artificial, asegurar la ciberseguridad, crear bases de datos compartidos para mejorar la relación entre lo privado, público y científico y avanzar en la modernización del estado.

Por otro lado, los cambios climáticos vistos en las últimas décadas aumentó la preocupación por el medio ambiente tanto de la población como de los gobiernos, lo cual tuvo repercusiones en diversas áreas, ya que la investigación y el desarrollo de nuevas energías limpias se disparó, trayendo consigo un cambio en la tecnología y en sus aplicaciones. Al impacto de estos cambios tecnológicos, se suma el crecimiento en el intercambio de energía en los mercados internacionales y a través de las integraciones energéticas regionales. Por otra parte, la incorporación de electricidad a nuevas actividades plantea desafíos en cuanto al incremento de la demanda eléctrica y del potencial de eficiencia energética.

Un tercer fenómeno es la preocupación de la comunidad internacional que busca descarbonizar la matriz energética mundial con el objeto de reducir suficientemente las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Los consumidores de energía, antes pasivos receptores de la energía producida en fuentes distantes de sus residencias, industrias o comercios hoy comienzan a transformarse en activos productores, gestores y consumidores interesados del tipo de energía que utilizan, modificando el flujo de la energía desde “abajo hacia arriba”. Lo anterior, facilitado por redes inteligentes que generan más y mejor información para los diversos agentes del sistema, lo que hace más resilientes, gestionables y eficientes los sistemas eléctricos.

Finalmente, la participación ciudadana también plantea desafíos en cuanto a la instalación de infraestructura energética, el uso de determinadas fuentes de energía y las políticas que las determinan. El involucramiento ciudadano en el proceso de toma de decisiones es, hoy, una realidad (Ministerio de Energía, 2015).

Ante los desafíos y las necesidades anteriormente nombradas surgió la urgencia de desarrollar políticas públicas que permitieran al país enfrentarse a los cambios del presente y del futuro, así fue como nace la Política Pública de Energía para Chile, con metas y objetivos hasta el año 2050, así como también diversas Políticas de Desarrollo Sostenible. Por otro lado, se creó la Primera Política Nacional de Inteligencia Artificial en 2021, la cual establece los primeros pasos para avanzar en la adopción de esta tecnología. No obstante, un problema identificado es que se tratan como grandes temas separados, teniendo solo algunos incisos o secciones sobre el otro contenido, describiendo oportunidades o usos. Si bien, esta forma no es errónea, algunas veces se pueden contradecir en los objetivos o metas que intentar alcanzar. Por ejemplo, el uso de la IA puede resultar beneficioso en temas económicos y de innovación, sin embargo, a veces se puede hacer un gran uso de energía eléctrica y de infraestructura para el procesamiento de grandes datos y de nuevas soluciones, por lo que puede resultar perjudicial en palabras de impacto ambiental, inhibiendo el desarrollo de algunos objetivos del desarrollo sostenible, pero potenciando otros.

Dicho todo lo anterior, se recomienda y propone el desarrollo de una política pública que trate ambos temas en conjunto, centrándose en potenciar y facilitar el desarrollo de la IA en términos sustentables y estableciendo la gobernanza adecuada para utilizar esta tecnología de manera efectiva y responsable para así avanzar hacia un futuro en que el crecimiento económico sin perjudicar al medioambiente sea posible.

5.1.2 Planificación, Beneficios y Costos

En primer lugar, se debe destacar que la implementación de esta política pública estará liderada por el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, sin embargo, se trabajará con otros ministerios para formar un grupo de profesionales

capacitados en esta tarea. Ya que el objetivo es utilizar la inteligencia artificial en pos del desarrollo sustentable, se contará con la ayuda del Ministerio de Economía, de Medio Ambiente, de Agricultura, de Transportes y Telecomunicaciones y el Ministerio de Energía. Además, se requerirá la colaboración de agencias gubernamentales, el sector privado, la sociedad civil y la academia, siendo esta última un actor clave en la investigación y el desarrollo de la IA y en la formación de capacidades.

Por otro lado, para alcanzar el objetivo de fomentar la aplicación de la IA en áreas críticas para el desarrollo sustentable en Chile, se recomiendan los siguientes objetivos y/o metas específicos:

1. Fomentar la investigación de los usos y aplicaciones de la IA en el desarrollo sustentable tales como:
 - a. Mitigación del cambio climático: Utilizar la IA para desarrollar sistemas de monitoreo y alerta temprana para la detección de eventos climáticos extremos, mejorar la gestión de energía y reducir las emisiones de gases invernadero en los sectores energético, transporte e industrial.
 - b. Preservación de la biodiversidad: Aplicar la IA en la conservación de la biodiversidad a través de la identificación y seguimiento de especies amenazadas, la gestión de áreas protegidas y la planificación del uso del suelo de manera sostenible.
 - c. Gestión de recursos naturales: Desarrollar sistemas inteligentes para la gestión y monitoreo de recursos naturales, como la gestión de aguas, la protección y recuperación de suelos, la optimización de la tala forestal y el control de la pesca ilegal.

- d. Agricultura sostenible: Promover la adopción de prácticas agrícolas sostenibles mediante el uso de tecnologías de IA para la gestión de cultivos y la toma de decisiones, como el monitoreo del clima, la optimización del riego, la gestión de plagas y la planificación de la cosecha.
 - e. Movilidad sostenible: Fomentar la adopción de la movilidad sostenible mediante la aplicación de tecnologías de IA para el diseño de sistemas de transporte inteligentes y la gestión del tráfico, así como para la promoción de alternativas de transporte sostenible, como bicicletas y vehículos eléctricos.
 - f. Eficiencia energética: Promover la adopción de prácticas de eficiencia energética en los sectores industrial, comercial y residencial a través de la aplicación de tecnologías de IA para la gestión y optimización de la energía, como la monitorización de los consumos de energía y la identificación de áreas de mejora.
2. Educación y capacitación: Promover y fomentar la formación y capacitación en el uso de las nuevas tecnologías, comenzando con programas sociales y la implementación de equipamiento basado en IA en la educación.
 3. Gobernanza ética y responsable: Promover y definir prácticas éticas y responsables en la adopción y aplicación de la IA en el desarrollo sostenible, estableciendo regulaciones y estándares éticos y legales adecuados, promoviendo la transparencia y la rendición de cuentas, y garantizando la privacidad y seguridad de los datos.
 4. Actualización de leyes vigentes: Se buscará la modificación de las leyes que tengan que ver con la materia tratada en el país, para actualizarse al nuevo estilo

de vida y desafíos de esta época. En especial se recomienda la modernización de la Ley 19.628, la cual establece las directrices para la protección de datos personales, en donde su última modificación fue el 28 de agosto de 1999; la Ley 19.223, la cual tipifica las sanciones penales de los delitos informáticos, cuya creación data del 27 de enero de 1993; la Ley 20.241 o de I+D, la cual entrega un beneficio tributario a empresas que realicen proyectos centrados en Investigación y Desarrollo, sugiriendo que se tenga un enfoque y énfasis en aquellos que incluyan la IA a sus actividades; entre otras leyes que puedan servir para fomentar el uso de las nuevas tecnologías en el desarrollo sustentable del país.

Cabe destacar que estos son solo algunas recomendaciones de objetivos que se podrían desarrollar, los cuales pueden cambiar o aumentar al ir desarrollando esta política pública según las necesidades, desafíos y oportunidades del contexto nacional.

Para el cumplimiento de los objetivos descritos es necesario seguir una estrategia que permita asegurar la correcta implementación de la actual política. En una primera instancia, el equipo designado deberá evaluar la situación actual del país para encontrar desafíos y oportunidades nuevas, así como también avances en diversas materias de las situaciones ya medidas y evaluadas en los distintos informes disponibles. Lo anterior será acompañado con la respectiva investigación y cooperación con otros agentes, los cuales incluyen al sector privado, público, académico, científica y la sociedad civil.

Seguidamente, se establecerán marcos regulatorios y éticos que garanticen el uso de la IA de manera responsable, evitando caer en malas prácticas sobre las nuevas tecnologías, el aprovechamiento netamente económico y que las desigualdades sociales se agranden. Para ello, se crearán comités interdisciplinarios encargados de diseñar y supervisar la

implementación de estas regulaciones, como también la actualización de leyes vigentes que aporten al cumplimiento de los objetivos de esta política. Paralelamente, se iniciará la promoción y fomento del uso de la IA para el desarrollo sustentable en el país, el cual puede estar orientado a desarrollar programas de financiamiento para proyectos innovadores que utilicen esta tecnología en pos de los ODS o que desarrollen soluciones sostenibles basadas en IA y a la creación de programas de capacitación y becas para estudiantes y profesionales. Además, se podrían incluir programas de incubación y aceleración de empresas y la promoción de eventos y competencias de emprendimiento en este ámbito.

También se fomentará la formación de especialistas en esta materia, a través de programas de capacitación y formación especializada, incluyendo la creación de una red de expertos y centros de investigación en IA para el crecimiento sostenible. Lo anterior, permitirá enfrentar a la ciudadanía a las nuevas tecnologías a una temprana edad para impulsar la creatividad e innovación, aumentar el compromiso de la sociedad por el uso de la IA, ser más competitivos a nivel digital, promover la creación de soluciones inteligentes para el desarrollo sostenible, aumentar la concientización acerca de estas temáticas y fortalecer la colaboración entre agentes públicos y privados, con tal de mantener una relación entre las empresas, las instituciones educacionales y la investigación.

Como última estrategia, se propone llevar a cabo diversas investigaciones para el desarrollo y la mejora continua de soluciones basadas en la IA para el desarrollo sustentable. A través del fortalecimiento de las relaciones entre diferentes sectores y la promoción de la inversiones en soluciones inteligentes, se podrán desarrollar nuevas tecnologías y aplicaciones que contribuyan al logro de los objetivos del desarrollo sostenible.

Por otra parte, se debe tener un sistema de monitoreo y evaluación para el seguimiento del impacto de las acciones implementadas y realizar ajustes cuando resulte necesario. Se propone entonces, establecer indicadores de desempeño que permitan medir el progreso en la implementación de esta política, llevando a cabo evaluaciones periódicas para valorar su efectividad en la consecución de los objetivos antes descritos. Además, resulta necesario implementar este seguimiento a las diferentes investigaciones, soluciones y usos basados en la IA para el desarrollo sostenible, con el fin de descubrir los efectos tanto positivos o negativos de estos avances y regular los objetivos o estrategias si es requerido. De igual forma, se promoverá la transparencia de estos datos reunidos y la rendición de cuentas en el uso de la IA para el alcanzar el objetivo de la sustentabilidad.

En otro tema, para financiar esta ambiciosa política pública, se podrían utilizar diferentes fuentes de financiamiento como fondos gubernamentales, donaciones internacionales, financiamiento del sector privado y crowdfunding. Además, se podrían establecer incentivos para la inversión privada en proyectos innovadores que utilicen soluciones inteligentes para promover un desarrollo sostenible en Chile. Por otro lado, se sugiere la posibilidad de realizar una reforma estructural del presupuesto nacional para, por una parte, posibilitar el uso rápido y flexible del dinero, y por otro, centrar los recursos en las metas más relevantes e importantes de la sociedad actual.

Para el 2022 Chile contaba con U\$82.135 millones de dólares (Gobierno de Chile, 2022) como presupuesto para ser repartidos en 10 ejes principales, en donde muchos de ellos se encuentran incluidos en las metas de los ODS, mientras que para el presente año se esperaba un aumento del 4,2% del presupuesto. En vista de estos datos, se propone una inversión de U\$ 14 mil millones de dólares, lo cual se sumaría a lo formulado por la Primera

Política Nacional de IA, resultando una suma total de U\$ 40 mil millones de dólares, cerca del 45% del presupuesto total, para impulsar y desarrollar la presente política pública más la actualización de leyes y los objetivos de la política ya presentada por el Gobierno del país. Esto tendría directas implicancias con otras áreas de la sociedad, como hacer frente a la crisis climática, encontrar soluciones a las sequías y mejorar la calidad de vida de las personas, por lo que se exige un esfuerzo en inversión para potenciar emprendimientos y proyectos, desarrollar la innovación y también va de la mano con la necesidad de aumentar la inversión en I+D. Se debe destacar que este desembolso de dinero no implica dejar de lado otros sectores relevantes del país, sino todo lo contrario. Tal y como se mostró a lo largo de los capítulos, el desarrollo sustentable implica varios temas, teniendo un alcance a cuestiones sociales, ambientales y económicos, por lo tanto, el aumentar la inversión en esta política implicaría también la inversión para, por ejemplo, la mejora de la tecnología para su uso en el sistema público, desarrollar soluciones sustentables, mejorar el proceso de atenciones médicas y agricultura, entre tantos otros temas tratados en el presente informe.

Cabe destacar que la presente política debe estar desarrollada bajo 4 principios fundamentales para asegurar una correcta implementación. En primer lugar, debe ser coherente entre los lineamientos aquí descritos y los que se vayan a crear con las acciones que tendrán los diferentes involucrados, procurando lograr las metas establecidas con hechos concretos. En segundo lugar, se espera un nivel de complementariedad, en donde se fomente las relaciones con el resto de los países para lograr un traspaso de habilidades, conocimiento e investigación que no se podría lograr trabajando de manera independiente. Otro punto fundamental es la efectividad, en donde resulta fundamental apropiarse de lo que se quiere conseguir para estar realmente interesados en las metas, además de mejorar el desarrollo en

temas de inversión y colaboración. El cuarto y último pilar tiene que ver con la transparencia y ética, con el fin de transmitir a la ciudadanía y agentes involucrados los verdaderos avances para así conocer el contexto real nacional y desarrollar estrategias eficaces y eficientes.

Para finalizar, los beneficios que conlleva la implementación de esta política pública incluyen:

1. Avances en la lucha contra el cambio climático: el uso de la IA puede ayudar a optimizar la generación y distribución de energía, a reducir emisiones en la industria y el transporte y a mejorar la eficiencia energética en edificios y hogares.
2. Mejora en la productividad y competitividad: la IA puede aumentar la eficiencia en los procesos productivos, reducir los costos de producción, optimizar la toma de decisiones y mejorar la calidad de los productos y servicios.
3. Innovación tecnológica: la implementación de esta política pública puede estimular la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías y soluciones, así como también crear nuevos puestos de trabajo en el sector tecnológico.
4. Fortalecimiento de la gobernanza y de la transparencia: una política clara y bien definida puede establecer las reglas del juego para el uso de la IA en el desarrollo sostenible y promover la transparencia y ética de las empresas y organizaciones involucradas.
5. Mejora en la calidad de vida de las personas: la IA puede ayudar a mejorar la atención médica, la educación, la seguridad pública, la movilidad urbana, la gestión de recursos naturales, etc., lo que contribuye directamente a mejorar la calidad de vida de la población.

6. Preservación de la biodiversidad: el uso de la IA puede ayudar en la identificación y monitoreo de especies y hábitats, lo que puede facilitar la toma de decisiones en cuanto a la protección y conservación de espacios naturales y la biodiversidad.
7. Potencial para la resolución de problemas sociales complejos: la IA puede ser utilizada para abordar problemas sociales complejos, como la pobreza, la desigualdad y la exclusión social, permitiendo una mayor eficacia y eficiencia en las política y programas de intervención social.
8. Reducción de la brecha digital: la implementación de la actual política puede contribuir a reducir la brecha tecnológica del país, al permitir el acceso a herramientas avanzadas y a nuevas oportunidad de empleo y formación.
9. Estímulo al emprendimiento y la innovación social: la promoción de esta política puede servir para que cada vez más emprendedores y organizaciones se motiven en usar la IA para desarrollar soluciones innovadores y sostenibles a problemas sociales y medioambientales y así poder crear un ecosistema nacional que fomente la innovación e inversión tanto del país como extranjera.
10. Mejora en la toma de decisiones y en la planificación: el uso de la IA puede ayudar a crear estrategias más informados y a diseñar políticas y programas más efectivos y eficientes.

Ahora bien, uno de los objetivos de la actual política estaba orientado a mejorar la educación y capacitación de las nuevas tecnologías, sin embargo, como se estudió en la sección del contexto nacional respecto a la IA, el país está muy atrasado en esta materia, por lo que resulta necesario la propuesta de una nueva política pública que centre sus esfuerzos en mejorar esta brecha digital y permita tanto a los estudiantes como a toda la ciudadanía

contar con las herramientas y habilidades necesarias para enfrentar los cambios futuros, y de esta forma vincular la IA con todos los ciudadanos tanto para su correcta inserción en un mercado laboral distinto como en el aprovechamiento de ellas en su calidad de vida y, de igual forma, poder apoyar al cumplimiento de la política pública tratada en este capítulo.

5.2 Implementación e Introducción de Equipamiento en IA en la Educación y Aumento en la Participación Ciudadana.

5.2.1 Análisis y Justificación

Tanto el uso como el desarrollo de la IA, tiene como primer requisito la presencia de personas con una adecuada formación, experiencia y comprensión en materia de datos, estadística, matemáticas, ingenierías, procesamiento de señales, programación, entre otras, para lo cual se debe orientar los esfuerzos para proveer, fomentar y facilitar la formación de talentos en estas materias (OCDE, 2019).

El escenario actual en Chile es tal que existen marcadas brechas en capacidad y talentos en todos los niveles para áreas relacionadas con la transformación digital. Por ejemplo, el programa Talento Digital diagnosticó una brecha de aproximadamente 65.000 profesionales al año en tecnologías digitales (Subsecretaría de Educación Superior, 2020).

El nivel escolar es un excelente momento para incluir y preparar a niñas, niños y adolescentes para un mundo en que el uso de tecnologías basadas en IA es generalizado, reconociendo su influencia y potencialidades para ser usuarios y ciudadanos proactivos, a la vez que se busca estimular su interés por desarrollar sistemas de IA (Sandoval, 2018).

En lo que respecta a la formación técnico-profesional existe la necesidad de reconvertir parte de la fuerza laboral, especialmente a las personas susceptibles de ser

reemplazadas por máquinas. Con respecto a futuros trabajadores, diversos estudios han identificado una brecha entre las habilidades que entregan las Instituciones de Educación Superior (IES) y las competencias que demanda nuestra industria, específicamente en cuanto a habilidades relacionadas a la Industria 4.0 (Comisión Nacional de Productividad, 2018).

En cuanto a la formación universitaria de pre y postgrado, resulta indispensable contar con personas dedicadas a I+D en IA en Chile y en el mundo. A nivel global, se observa un aumento en la escasez de personas con estas capacidades (OCDE, 2019). Por otro lado, en nuestro país, existe apenas una persona dedicada a I+D por cada mil trabajadores, 8 veces bajo el promedio OCDE (Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, 2021).

Por último, a raíz de la naturaleza de la evolución de la IA, y a la posibilidad de que surjan otras tecnologías con potencial de generar un impacto relevante en su naturaleza y su despliegue, se necesita crear y mantener ejercicios de anticipación para que el desarrollo de talento continúe alineado con el devenir de la IA y otras tecnologías aún por emerger (Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, 2021).

Sin embargo, no solo es necesario fortalecer la educación en todas sus etapas para que el país crezca en materia de inteligencia artificial, también se debe hacer un esfuerzo para aumentar y fomentar la participación de la ciudadanía y las conferencias sobre esta materia, ya que como se vio en el capítulo 2, el país está en un gran déficit de adopción de las nuevas tecnologías y de la generación de conocimiento e innovación. De hecho, el AI Index Report elaborado por la Universidad de Stanford (2019) reporta que América Latina y el Caribe aporta menos del 5% de las publicaciones en revistas académicas y conferencias y genera menos de un 2% de las citas tanto para revistas académicas como conferencias. En cuanto a

patentes relacionadas con la IA, el panorama es más crítico, menos de un 1% corresponden a América Latina y el Caribe (Stanford University, 2019). En consecuencia, en la región, los niveles de inversión del sector privado en IA son muy inferiores a los que se registran en Estados Unidos, China y la gran mayoría de países europeos (Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, 2021).

Todo lo anterior afecta directamente a las áreas en que es aplicable las tecnologías basadas en IA, más específicamente, en materia del presente informe, afecta de manera negativa al avance del desarrollo sostenible, ya que hacen falta profesionales capaces de desarrollar y crear nuevos proyectos en pos del beneficio del medioambiente, combinando la mejora en productividad que implica el uso de la IA. Si bien en materia de sustentabilidad la participación de la ciudadanía y la creación de proyectos ha ido creciendo con el tiempo, hace falta un mayor uso de herramientas y especializaciones basadas en nuevas tecnologías, para que en esta década de acción se puedan alcanzar los objetivos de la Agenda 2030.

5.2.2 Planificación, Beneficios y Costos

Esta política pública tiene dos ejes principales que son la mejora en la educación en temas de IA y el aumento de la participación ciudadana. Si bien se podrían tratar en políticas distintas, se elige considerarlos en el mismo documento por el potencial conjunto y el mayor beneficio que esto conlleva, ya que, por un lado, no se logra nada si se mejora la educación pero se tiene una ciudadanía callada que no participa en los cambios, es más, al ser una tecnología de tan rápido avance, es posible que nos tengamos que afrontar a varios cambios como sociedad uno tras de otro, por lo que es necesario que la población este capacitada pero que también sea partícipe en nuevas etapas de innovación y crecimiento. De igual forma, si se aumentan las conferencias y las publicaciones científicas, pero no se mejora la educación,

tendremos una situación de conocimiento desperdiciado, en donde la gente no querrá participar en eventos y talleres por temas de desconocimiento y poca motivación educacional, llegando a una nueva encrucijada. Por ello, resulta necesario que estos dos temas se traten en paralelo para aprovechar los beneficios de cada uno y que los impactos de un tema sean positivos para el otro, logrando potenciarse mutuamente.

Explicado lo anterior, se propone que esta política pública sea dirigida en conjunto por el Ministerio de Educación y el de Ciencias, Tecnología, Conocimiento e Innovación, dado que la misión del primero es “asegurar un sistema educativo inclusivo y de calidad que contribuya a la formación integral y permanente de las personas y al desarrollo del país, mediante la formulación e implementación de políticas, normas y regulación, desde la educación parvularia hasta la educación superior” (Ministerio de Educación, s.f.), mientras que la misión de la segunda institución es “articular y orientar estratégicamente la generación de conocimiento, la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación en todo el sistema de generación y transmisión de conocimientos, que permita generar las transformaciones necesarias para un nuevo modelo de desarrollo sustentable” (Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, s.f.). Por lo tanto, al juntar estas misiones en un trabajo unido se podría alcanzar el objetivo de mejorar la educación en IA y potenciar la participación de la sociedad.

Ahora bien, para poder alcanzar este objetivo general, se proponen una serie de objetivos específicos, los cuales, cabe destacar, estarán supervisados por un equipo de profesionales pertenecientes a ambos Ministerios antes nombrados:

1. Promover la implementación de equipamiento en IA en la educación de todo el territorio nacional, a través de la asignación de recursos económicos y técnicos,

la capacitación docente y la elaboración de materiales educativos especializados en tecnología de IA.

2. Fomentar la participación ciudadana a través de la organización de diversas conferencias, publicaciones, talleres y actividades. Asimismo, se promoverá la colaboración y el intercambio de experiencias entre diferentes actores de la sociedad.
3. Garantizar la implementación de equipamiento en IA en la educación a la vez que trabaja por asegurar que este proceso sea ético, inclusivo y beneficioso para todos los estudiantes.
4. Establecer una red de colaboración y coordinación entre las instituciones educativas, el sector privado, la sociedad civil y el gobierno, para fomentar la implementación de equipamiento de IA en la educación.
5. Realizar cambios en la educación basados en nuevas prácticas o metodologías, con el fin de formar especialistas destacados y masa crítica en términos de IA y desarrollo sostenible y a la vez mejorar la relación empresa-universidad.
6. Fortalecer la capacidad de los docentes para utilizar equipamiento tecnológico en la educación, a través de la capacitación y actualización profesional, la elaboración de materiales educativos especializados y la promoción de la innovación pedagógica en el uso de la tecnología.
7. Promover la investigación y el desarrollo de tecnologías de IA aplicadas a la educación, a través de convocatorias y apoyo a proyectos de investigación, incentivos para el sector privado y colaboración con instituciones de investigación y desarrollo.

Para cumplir con todo lo anterior se proponen una serie de estrategias a seguir. En primer lugar, el equipo de profesionales estará a cargo de diseñar un plan nacional para la implementación de IA en la educación y la fomentación de la participación ciudadana, el cual establecerá los lineamientos y los plazos de tiempo para cumplir los objetivos específicos mencionados anteriormente, esto estará acompañado de un diagnóstico actualizado de la situación actual en el país, con el fin de comprender las necesidades específicas de los docentes y estudiantes en cuanto a capacitación y recursos. Además, incluirá un proceso de investigación, en donde se podrá consultar a otros profesionales o estudiar situaciones similares en otros países, con el fin de descubrir técnicas o métodos de enseñanza efectivas en los distintos niveles de la educación, junto a iniciativas que han servido para aumentar la participación de la ciudadanía.

Seguidamente, se establecerán alianzas con empresas y organizaciones de la sociedad civil para la obtención de recursos y apoyo en la implementación de la política pública. Una vez que se tenga todo lo anterior, se daría inicio al proceso de promover y fomentar la participación de los docentes y estudiantes en la identificación de problemas y soluciones en la materia tratada, para así diseñar e implementar programas de capacitación y actualización para profesores, con el fin de fortalecer sus habilidades y conocimientos en el uso de la IA en la educación y de este modo facilitar el uso de infraestructura, herramientas, programas y equipamiento especializado.

Una vez implementada la política pública, resulta necesario establecer un sistema de monitoreo y evaluación para medir el impacto de esta y asegurarse de que se cumplan los objetivos y estrategias definidas. Por ejemplo, se pueden registrar el número de instituciones educativas que han implementado tecnología de IA, el número de docentes capacitados en el

uso de IA, el número de conferencias y publicaciones relacionadas con el tema, entre tantos otros. También es importante realizar evaluaciones periódicas para determinar si es necesario realizar ajustes y mejoras para asegurar su eficiencia en cuanto al desempeño académico de los estudiantes, la mejora en la calidad educativa y el desarrollo de habilidades en el uso de la tecnología. Como último punto de las medidas de evaluación, se establecerá un sistema de retroalimentación y seguimiento para conocer las necesidades y dificultades en la implementación de esta política pública, incluyendo a todos los agentes participantes, con el fin de evaluar lo realizado hasta la fecha y preparar las estrategias para el corto plazo.

En cuanto al financiamiento, se realizaría a través de una combinación de recursos públicos y privados. Se buscará obtener recursos económicos y técnicos de empresas y organizaciones de la sociedad civil interesadas en apoyar la implementación de la IA en la educación. Asimismo, se destinarán recursos del presupuesto público para la capacitación de docentes y la adquisición de equipamiento necesario en esta política. Por otro lado, se trabajará con las organizaciones para disponer de eventos, charlas, talleres y actividades orientados a incentivar a las personas en esta materia.

Frente al presupuesto que posee el país indicado en la sección anterior, se propone una inversión de U\$10 mil millones de dólares, lo cual se sumaría a los U\$14.500 millones de dólares que ya se destinan al Ministerio de Educación. Con este aumento en el presupuesto se espera que los encargados de llevar a cabo las diferentes metas y objetivos distribuyan coherentemente el dinero para poder implementar paulatinamente el equipamiento basado en inteligencia artificial, así como las diversas capacitaciones y cambios de infraestructura que se deban hacer, con el objetivo de formar masa crítica especializada y aumentar las habilidades y capacidades desde una temprana edad. A esto se le sumaría el desarrollo de

actividades orientadas a fomentar la participación de la ciudadanía y a la capacitación de la actual fuerza laboral para adecuarse a los cambios producidos por la IA.

La implementación de esta política pública ofrece múltiples beneficios para la sociedad, entre los que se destacan:

1. Fortalecer la educación y el desarrollo de habilidades en el uso de tecnologías basadas en IA, lo que a su vez contribuye al desarrollo de la economía digital del país.
2. Mejorar la calidad de la enseñanza y el aprendizaje, así como también fomentar la creatividad y la innovación entre los estudiantes.
3. Mejorar la conciencia y el compromiso de la sociedad en torno al uso de la inteligencia artificial.
4. Avanzar en una educación más inclusiva, equitativa y de calidad para todos los estudiantes.
5. Preparación de los estudiantes para trabajos del futuro, fomentando así el desarrollo de una economía digital y aumentando la competitividad del país a nivel internacional.
6. Promover la colaboración entre diferentes actores, incluyendo gobiernos, instituciones educativas, empresas privadas y organizaciones de la sociedad civil, lo que a su vez puede mejorar la coordinación y el trabajo conjunto en el desarrollo de tecnologías basadas en IA.

6 Conclusiones y Recomendaciones

La disrupción impulsada por la inteligencia artificial se está produciendo a un ritmo y una escala nunca antes vistos en la historia. Oleadas de tecnología, como big data y machine learning, las cuales permiten el tratamiento de ingentes volúmenes de data orientado hacia un fin concreto, están produciendo grandes cambios en el modus vivendi a nivel global de manera profunda, ello debido a que logran aportar información relevante y pertinente en pos de una mejora en la toma de decisiones tras procesar millones de datos generados a cada minuto. Esto está provocando que surja un nuevo mundo producto de los tantos cambios que esta tecnología trae consigo.

El mundo está al borde de la tan esperada transformación digital orquestada por la Cuarta Revolución Industrial, la misma que se basa en parte en el desarrollo y aplicaciones de la IA. A pesar de los beneficios percibidos de una mayor eficiencia y eficacia en la prestación de servicios, la cuarta revolución industrial presenta, en gran medida, numerosos desafíos para la administración pública en los países en desarrollo que carecen de suficientes recursos humanos y materiales para ejecutar los enormes avances tecnológicos consiguientes. Dicho aspecto debe ser entendido desde la realidad de ausencia de expertos en la materia en una cantidad adecuada para que pueda darse un proceso efectivo de implementación, además de tener en cuenta el factor limitante de las economías de la región que muy pocas veces apuestan por la formación técnico-científica de cuadros que lideren dichas posibilidades y que puedan trabajar en ello. Quizás este delicado aspecto es uno de los más álgidos que sobrepasan las expectativas, ya que su solución responde a las políticas adoptadas por la gestión de turno.

Es probable que el uso creciente de IA desafíe las normas culturales y actúe como una barrera potencial dentro de ciertos sectores de la población. También se encuentra el riesgo latente de que la IA puede superar el desempeño humano en muchos trabajos y con ello podría, inevitablemente, reemplazarlos. No cabe duda, sobre lo mencionado, que la IA seguirá mejorando su capacidad e infiltrándose en muchos más dominios del quehacer de la sociedad; por ello la preocupación creciente de que la IA usurpe o extinga puestos de trabajo y reemplace a los empleados humanos impedirá generar la confianza de las personas en la IA; pero que, debido a su eficacia, será casi inevitable dicha tendencia. De hecho, al ser tendencia y estar presente de una u otra manera en la vida social, es un hecho ineluctable que el viraje hacia procesos mediados por IA en diversos campos y actividades se materialicen, por lo que resulta fundamental estar preparados para cuando sucedas los diversos cambios.

Es en este contexto en donde surgen necesidades, preguntas, miedos, pero, sobre todo, oportunidades y una de ellas, tratada en el presente informe, son los grandes usos que puede tener la IA en un tema tan complejo como es el desarrollo sustentable. Este es un problema heredado a través de los años producto de la sobreexplotación de los recursos naturales, la ineficiencia energética, la sobreproducción para el consumo, la tala de bosques y el descuido de espacios naturales, cuyos efectos se están haciendo cada vez más patentes en la actualidad. Es por ello por lo que naciones y organizaciones se han unido para trabajar en conjunto con el propósito de diezmar los efectos del cambio climático y encontrar soluciones para que el crecimiento económico no siga perjudicando al mundo y poniendo en peligro la subsistencia de las especies. Es aquí donde el foco se posiciona en las herramientas que entrega y entregará la inteligencia artificial, transformándose en una de las mejores alternativas para lograr el tan ansiado crecimiento sostenible.

Dado el trabajo de investigación llevado a cabo se puede confirmar la hipótesis presentada en la introducción del presente informe, encontrando pruebas y material suficiente para asegurar que la inteligencia artificial es, sin exagerar, el mejor camino para lograr los objetivos del desarrollo sustentable tanto nacionalmente como en el resto del mundo.

A través del marco teórico se fue capaz de comprender el contexto y la evolución de los dos grandes términos tratados durante todas las anteriores páginas: la IA y el crecimiento sostenible. Gracias a esto se logró entender la importancia actual de estos conceptos y la necesidad de realizar cambios estructurales en las organizaciones, naciones y en la sociedad, para afrontar, por una parte, los cambios revolucionarios que traerán las nuevas tecnologías, y por otra, la necesidad de cambiar el comportamiento para mejorar la concientización sobre el cuidado del planeta y de sus recursos naturales. A la vez, se logró conocer la situación actual de nuestro país, reconociendo tanto avances en los últimos años como los principales desafíos y oportunidades que se tienen que afrontar para conseguir objetivos urgentes dentro de estas materias. De aquí se destaca la correcta disposición de la nación para tratar temas ambientales y participar de acuerdos mundiales con el fin de lograr la eficiencia energética y mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos, además, de los diversos esfuerzos por disminuir el uso de combustibles fósiles en su matriz energética y por cuidar la flora y fauna de sus espacios naturales. Sin embargo, en cuanto a la IA, se encontraron bastantes déficits en cuanto a la educación, infraestructura, inversión en I+D, la generación de espacios adecuados para la innovación y la preparación de las personas para el futuro del mercado laboral.

Seguidamente, gracias a la investigación de los usos de la IA en el desarrollo sustentable, se comprendieron los grandes beneficios que tiene esta tecnología en diversas áreas de la sociedad, caracterizándose por su potencial para mejorar la productividad, la

mejora en la eficiencia y eficacia de los procesos, su impacto en la disminución de costos y la creación de soluciones innovadoras para problemas actuales y futuros. En este último punto se destacan sus aplicaciones en el cuidado y monitoreo de océanos, bosques y espacios naturales; su innovación en la agricultura para aprovechar análisis y proyecciones climáticas en pos de una cosecha más eficaz; su implementación en medicina y gestión urbana para mejorar la calidad de vida de las personas; en el sector industrial para ayudar a la toma de decisiones y adoptar la sustentabilidad en sus procesos; y los importantes usos en implementación de energías renovables y eficiencia energética. No obstante, una de las mayores preocupaciones y desventajas de la IA recae en la posibilidad de hacer un uso indebido de sus herramientas o funciones que impliquen un resultado inhibitorio para algunas metas de los ODS, debido a que puede ampliar brechas digitales y económicas, además de la preocupación en la privacidad de los datos, las pocas leyes que regulan su implementación ética y moral y sus grandes gastos energéticos y estructurales.

Luego, gracias al estudio de los casos de éxito y al análisis de principales logros alrededor del mundo acerca del uso de la IA para el avance del desarrollo sustentable, se comprobó que dicha sinergia entre ambas materias es posible y que muchos países están orientando sus esfuerzos para potenciar la inversión y la adopción de estos términos. De aquí, se destaca a Finlandia y Dinamarca como los países más avanzados en cuanto a desarrollar soluciones innovadoras para problemas del desarrollo sustentable, como también sus logros en mejorar la educación y el conocimiento de la ciudadanía para hacer frente a los nuevos cambios. Además, Estados Unidos y China son los inversionistas más grandes en términos de la IA, por lo que tendrán un gran papel a futuro en el desarrollo de nuevas tecnologías y en marcar un correcto camino para la gobernanza y transparencia de esta tendencia.

Gracias a todo lo anterior se logra identificar la necesidad de que en nuestro país se desarrollen políticas públicas focalizadas en promover la adaptación y adopción de las nuevas tecnologías en pos de cumplir con las metas del crecimiento sostenible, a la vez de buscar la incorporación de la ciudadanía en los problemas mundiales, motivando su participación y el fortalecimiento de sus habilidades en estas materias. Este paso es necesario para que un país en desarrollo como el nuestro encuentre una ventaja competitiva en un mundo que está siendo influenciado por las herramientas de IA, haciendo necesario que las estrategias y metas de cada nación sean cada vez más flexibles y se adecuen rápidamente a las nuevas tendencias. Por lo mismo, resulta necesario promover una gobernanza que asegure un uso adecuado de la IA, y no solo eso, sino que sea utilizada para el bien común y para resolver problemas complejos de la sociedad, ocupando técnicas como el aprendizaje profundo y redes neurales para la ayuda en la toma de decisiones y en la generación de soluciones sustentables.

En base a todo lo anterior, se recomienda la creación de dos políticas públicas que ayuden a que estos usos sean lo más rápido y eficazmente posible. Por un lado, se propone fomentar la implementación de las nuevas tecnologías para conseguir los objetivos del desarrollo sustentable, a la vez que se genera una ética y gobernanza adecuada para que esto suceda sin perjudicar a la sociedad. Por otro lado, se propone la implementación de equipamiento de IA en la educación y fomentar la participación ciudadana, con el fin de educar y concientizar a la población para que sean un aporte al crecimiento sostenible del país, promover la innovación desde una edad temprana y darle las herramientas suficientes a la población para que puedan incursionar en los cambios que se prevén.

Sumado a lo anterior, se propone o sugiere una reestructuración del presupuesto nacional para que el principal foco sea siempre los avances de la IA y el desarrollo

sustentable. Con esto no se recomienda dejar otros temas importantes de lado, todo lo contrario, se busca potenciar un tema mayor que engloba otras materias para así fortalecer todas las aristas del país.

Para finalizar, la alianza entre la inteligencia artificial y el desarrollo sustentable es necesaria dado todos los beneficios que fueron mostrados a lo largo de los capítulos, los que a su vez solo son una recopilación de los más relevantes o tendenciales a la fecha de la creación de este documento, por lo que los aspectos en los cuales la IA puede fortalecer al desarrollo sustentable son miles y seguirán naciendo cada vez más soluciones e innovaciones para problemas de la edad moderna, pero para que eso sea posible se necesita el esfuerzo de cada país y sus ciudadanos para motivar la inversión y la participación, para no quedarse rezagados en un mundo que exige cada vez una mejor adaptabilidad. No obstante, los miedos y dudas que genera esta tecnología son verídicos y no se tienen que dejar de lado, es por ello que se recomiendan 5 aspectos claves: 1) establecer comités especializados en IA para garantizar su comprensión, en especial en lo relacionado con la seguridad, la ética, los valores y la gobernanza; 2) asegurar que las estrategias, políticas y principios garanticen el uso de la IA de manera ética y que contribuyan a los ODS; 3) innovar juntamente con otros agentes para aprovechar el potencial de la IA por la sociedad y el medio ambiente; 4) sensibilizar y capacitar internamente en IA y sus posibilidades de mejora social y ambiental; 5) establecer alianzas con competidores, universidades, organizaciones y gobiernos por una IA fiable. Además, como país se debe confiar en estas implementaciones para no rezagarse en esta materia y perderse los beneficios que esta tecnología puede ofrecer, manteniendo siempre el foco en un desarrollo sustentable para fortalecer la sinergia de todos los agentes en la consecución de objetivos que beneficien a toda la sociedad y a las futuras generaciones.

7 Referencias

- Abeliuk, A., & Gutiérrez, C. (2021). *Historia y evolución de la inteligencia artificial*. Obtenido de <https://revistasdex.uchile.cl/index.php/bits/article/download/2767/2700/10150>
- Acciona. (2019). *¿Sabes cuándo nace la sostenibilidad?* Obtenido de Sostenibilidad para todos: <https://www.sostenibilidad.com/desarrollo-sostenible/sabes-cuando-nace-la-sostenibilidad/>
- Acciona. (2019). *La alianza entre inteligencia artificial y desarrollo sostenible*. Obtenido de Sostenibilidad para todos: <https://www.sostenibilidad.com/desarrollo-sostenible/la-alianza-entre-inteligencia-artificial-y-desarrollo-sostenible/#:~:text=Un%20claro%20ejemplo%20de%20la,veh%C3%ADculos%20por%20zonas%20y%20horas.>
- Aguirre, D. (2018). *La revolución, aporte y desarrollo que ha generado la inteligencia artificial en Chile*. Obtenido de El Mercurio: <https://www.pwc.com/cl/es/prensa/prensa/2018/La-revolucion-aporte-y-desarrollo-que-ha-generado-la-inteligencia-artificial-en-Chile.html>
- APD. (2021). *Efectos de la inteligencia artificial en la medicina y sus aplicaciones más novedosas*. Obtenido de APD: <https://www.apd.es/aplicaciones-inteligencia-artificial-en-medicina/>
- Arenas, G. (2021). *Inteligencia artificial al servicio de la medicina: así ayuda a conseguir diagnósticos más certeros*. Obtenido de EL País: <https://elpais.com/sociedad/siempre-innovando/2021-09-10/inteligencia-artificial-al-servicio-de-la-medicina-asi-ayuda-a-conseguir-diagnosticos-mas-certeros.html>
- Aserta. (2021). *El sector energético aprovecha el potencial de la inteligencia artificial*. Obtenido de Aserta: <https://aserta.com.es/inteligencia-artificial-en-el-sector-energetico/>
- Autor, D., & Salomons, A. (2018). *Is automation labor-displacing? Productivity growth, employment, and the labor share*. National Bureau of Economic Research.
- B12 España. (2019). *Origen del concepto de Inteligencia Artificial*. Obtenido de B12 admark: <https://agenciab12.com/noticia/origen-concepto-inteligencia-artificial>
- Bee2FireDetection. (s.f.). *Early fire detection and decision support system*. Recuperado el 12 de 11 de 2022, de Bee2Fire: <http://www.bee2firedetection.com/>
- Botti, V. (2018). *Inteligencia Artificial en las ciudades: de planificar rutas a conocer los sentimientos en un barrio*. Obtenido de El País: https://elpais.com/elpais/2018/06/07/seres_urbanos/1528352524_542079.html

- Brown, D. (2022). *Private investment in artificial intelligence \$93.5B in 2021*. Obtenido de Digital Signage Today: <https://www.digitalsignagetoday.com/news/private-investment-in-artificial-intelligence-935b-in-2021/#:~:text=Economic%20investment%20in%20artificial%20intelligence,what%20it%20was%20in%202020>.
- Cádiz, A. (2022). *Cómo la Inteligencia Artificial está cambiando el retail chileno*. Obtenido de Diario Financiero: <https://www.df.cl/df-lab-como-la-inteligencia-artificial-esta-cambiando-el-retail-chileno>
- Cambridge. (2022). *Sustainable Development Report 2022 - From Crisis to Sustainable Development: the SDGs as Roadmap to 2030 and Beyond*.
- Carpenter, N. (2020). *Sostenibilidad en Estados Unidos*. Obtenido de Agricultura Urbana: <http://www.agriculturaurbana.cat/wp-content/uploads/Sustentabilidad-en-los-Estados-Unidos.pdf>
- Castillo, F. (2022). *Cinco aplicaciones de la inteligencia artificial en agricultura*. Obtenido de Plataforma Tierra: <https://www.plataformatierra.es/innovacion/IA-inteligencia-artificial-aplicaciones/>
- CDT. (2022). *El uso de la inteligencia artificial como estrategia para analizar la informalidad urbana*. Obtenido de Portal CDT: <https://www.cdt.cl/el-uso-de-la-inteligencia-artificial-como-estrategia-para-analizar-la-informalidad-urbana/>
- Centro de Análisis de Información sobre Dióxido de Carbono, D. d. (2019). *Emisiones de CO2*. Obtenido de Banco Mundial: <https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.KT?end=2019&locations=CL-DK&start=1990&view=chart>
- Centro de Desarrollo Sostenible para América Latina. (2020). *Índice ODS 2019 para América Latina y el Caribe*. Obtenido de <https://cods.uniandes.edu.co/wp-content/uploads/2020/06/%C3%8Dndice-ODS-2019-para-Am%C3%A9rica-Latina-y-el-Caribe-2.pdf>
- Centro de los Objetivos del Desarrollo Sostenible para América Latina. (2022). *Índice ODS 2021 para América Latina y el Caribe*. Obtenido de <https://cods.uniandes.edu.co/wp-content/uploads/2022/08/I%CC%81ndice-ODS-2021-para-Ame%CC%81rica-Latina-y-el-Caribe.pdf>
- CEPAL. (2020). *La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en el nuevo contexto mundial y regional: escenarios y proyecciones en la presente crisis*. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45336/6/S2000208_es.pdf
- Cid-García, N., Albornoz, V., Ortega, R., & Ríos-Solís. (s.f.). Determinación de zonas de manejo rectangulares y jomogéneas en agricultura de precisión. *Computers & Electronics in Agriculture*(93), págs. 1-9. Recuperado el 18 de 11 de 2022

- Ciencia Canaria. (2017). *¿Qué es en realidad la inteligencia artificial?* Obtenido de Gobierno de Canarias: <https://www.cienciacanaria.es/secciones/a-fondo/796-que-es-en-realidad-la-inteligencia-artificial>
- Comisión Europea. (2022). *Excelencia y confianza en la Inteligencia Artificial*. Obtenido de Comisión Europea: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/excellence-and-trust-artificial-intelligence_es
- Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. (1987). *Nuestro Futuro Común*. Obtenido de https://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_Lecture_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf
- Comisión Nacional de Productividad. (2018). *Los Resultados de la Educación Técnica en Chile*. Obtenido de <https://www.comisiondeproductividad.cl/wp-content/uploads/2018/06/Nota-T%3%A9cnica-3.-Educaci%3%B3n.pdf>
- Copaja, M., & Esponda, C. (2019). *Tecnología e innovación hacia la ciudad inteligente*. Bitácora Urbano Territorial. doi:<https://doi.org/10.15446/bitacora.v29n2.68333>
- de Vincentiis, G. (2012). *La evolución del concepto de desarrollo sostenible*. Obtenido de Medio Ambiente & Derecho: Revista electrónica de derecho ambiental: https://huespedes.cica.es/gimadus/23/09_la_evolucion_del_concepto_de_desarrollo_sost.html
- Enel. (2020). *Todo un abanico de medidas concretas en EE. UU. para impulsar el desarrollo sostenible*. Obtenido de Enel Green Power: <https://www.enelgreenpower.com/es/historias/articulos/2020/02/usa-hacia-desarrollo-sostenible>
- Espinoza, C. (2021). *El aterrizaje de la inteligencia artificial en Chile*. Obtenido de Ingeniería Universidad de Chile: <https://ingenieria.uchile.cl/noticias/181381/el-aterrizaje-de-la-inteligencia-artificial-en-chile>
- FAO. (2020). *La aplicación de las mejores prácticas de la inteligencia artificial en el contexto de la agricultura puede ayudar a superar la brecha digital y, al mismo tiempo, hacer frente a la inseguridad alimentaria*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <https://www.fao.org/news/story/es/item/1309651/icode/>
- Ferré, M. (2020). *Inteligencia Artificial para la sostenibilidad*. *Diario Responsable*. Obtenido de <https://diarioresponsable.com/opinion/28860-inteligencia-artificial-para-la-sostenibilidad>
- Fjeld, J., Achten, N., Hilligoss, H., Nagy, A., & Srikumar, M. (2020). *Principled Artificial Intelligence: Mapping Consensus in Ethical and Rights-Based Approaches to Principles for AI*. *Berkman Klein Center Research Publication*. Obtenido de https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3518482

Gobierno de Chile. (2022). *Presupuesto para el desarrollo inclusivo y sostenible*. Obtenido de Gob.cl:

<https://www.gob.cl/presupuesto2022/#:~:text=El%20Presupuesto%202022%20alcanza%20los%20U%24%2082.135%20millones%20de%20d%C3%B3lares>.

Gobierno de Chile. (s.f.). *Historia del Ministerio del Medio Ambiente*. Recuperado el 04 de Julio de 2022, de MMA: <https://mma.gob.cl/historia/>

Gómez, R. (2021). *Inteligencia Artificial en la Agricultura*. UAA. Obtenido de UAA: <https://www.uaa.edu.py/cdn/files/51e0d56daf8b58a97a9d80ef9a5d.pdf>

González, A. M. (2021). *Futuro de la inteligencia artificial. Modelos de la inteligencia artificial*. Obtenido de Cibernético: <https://cibernetico.org/>

Graph. (2021). *Inteligencia Artificial y ML | Cuándo empezó y cómo ha evolucionado*. Obtenido de Graph Everywhere: <https://www.grapheverywhere.com/inteligencia-artificial-y-ml-cuando-empezo-y-como-ha-evolucionado/>

Hive Power. (2022). *Inteligencia artificial y aprendizaje automático en la distribución de energía*. Obtenido de Hive Power: <https://www.hivepower.tech/es/blog/artificial-intelligence-and-machine-learning-in-energy-distribution>

Huawei. (2018). *Las smart cities y la noble tarea de la inteligencia artificial en su desarrollo*. Obtenido de Ecosistema Huawei: <https://ecosistemahuawei.xataka.com/smart-cities-noble-tarea-inteligencia-artificial-su-desarrollo/>

Ibeas, D. (2022). *¿Cómo va a crecer la inversión en inteligencia artificial este año?* Obtenido de Contact Center Hub: <https://contactcenterhub.es/como-va-a-crecer-la-inversion-en-inteligencia-artificial-este-ano-2022-04-35610/>

IBM. (s.f.). *¿Que es la Industria 4.0?* Recuperado el 30 de 01 de 2023, de IBM: <https://www.ibm.com/cl-es/topics/industry-4-0>

IBM. (s.f.). *¿Qué es la inteligencia artificial en la medicina?* Recuperado el 26 de 01 de 2023, de IBM: <https://www.ibm.com/cl-es/topics/artificial-intelligence-medicine#:~:text=Recursos-,%C2%BFQu%C3%A9%20es%20la%20inteligencia%20artificial%20en%20la%20medicina%3F,las%20experiencias%20de%20los%20pacientes>.

Iglesias, I. (2022). *La inversión en Inteligencia Artificial en Estados Unidos alcanzará los 120.000 millones de dólares en 2025*. Obtenido de ComputeWorld: <https://www.computerworld.es/tendencias/la-inversion-en-inteligencia-artificial-en-estados-unidos-alcanzara-los-120000-millones-de-dolares-en-2025>

Jefferson, G. (1949). *The Mind of Mechanical Man*. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2050428/?page>

- Jobin, A., Ienca, M., & Vayena, E. (2019). The global landscape of AI ethics guidelines. *Nature Machine Intelligence*, 389-399. Obtenido de <https://www.nature.com/articles/s42256-019-0088-2>
- Kearn, M., & Roth, A. (2019). *The ethical algorithm: The science of socially aware algorithm design*. Oxford University Press.
- Koutsokosta, E., & Gauret, F. (2020). *Los movimientos de la UE para alcanzar la sostenibilidad*. Obtenido de Euronews: <https://es.euronews.com/next/2020/03/11/los-movimientos-de-la-ue-para-alcanzar-la-sostenibilidad>
- Kouziokas, G. (2017). The application of artificial intelligence in public administration for forecasting high crime risk transportation areas in urban environmen. *ScienceDirect*, 24, 467-473. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.083>
- Ladino, D. (2020). *Desarrollo Sostenible: Dinamarca como caso de estudio*. Obtenido de LinkedIn: <https://es.linkedin.com/pulse/desarrollo-sostenible-dinamarca-como-caso-de-estudio-david-ladino>
- López de Mántaras, R. (2018). *El futuro de la IA: hacia inteligencias artificiales realmente inteligentes*. Obtenido de ¿Hacia una nueva Ilustración? Una década trascendente, Madrid, BBVA: <https://www.bbvaopenmind.com/articulos/el-futuro-de-la-ia-hacia-inteligencias-artificiales-realmente-inteligentes/>
- Lyytimäki, J. (s.f.). *La protección ambiental en Finlandia - ¿Qué hace Finlandia para preservar su naturaleza?* Recuperado el 12 de 02 de 2023, de This is Finland: <https://finland.fi/es/vida-y-sociedad/la-proteccion-ambiental-en-finlandia/#:~:text=La%20diversidad%20de%20la%20naturaleza,en%20un%20solo%20bosque%20tropical.>
- Marcus, G. (2019). *DeepMind's Losses and the Future of Artificial Intelligence*. Obtenido de WIRED: <https://www.wired.com/story/deepminds-losses-future-artificial-intelligence/>
- Martin, E. (2022). *La relación entre la inteligencia artificial y las energías renovables*. Obtenido de NaraSolar: <https://www.narasolar.com/la-inteligencia-artificial-y-las-energias-renovables/>
- Martínez, M. (2021). *¿Puede una inteligencia artificial decirnos cómo mejorar en los ODS?* Obtenido de Orange: <https://blog.orange.es/responsabilidad-social-corporativa/inteligencia-artificial-objetivos-desarrollo-sostenible/>
- McKinsey & Company. (2022). *Global Energy Perspective 2022*. Obtenido de <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Oil%20and%20Gas/Our%20Insights/Global%20Energy%20Perspective%202022/Global-Energy-Perspective-2022-Executive-Summary.pdf>

- Mehr, H. (2017). *Artificial Intelligence for Citizen Services and Government*. Harvard Ash Center Technology & Democracy Fellow. Obtenido de https://ash.harvard.edu/files/ash/files/artificial_intelligence_for_citizen_services.pdf
- Merry, J. (2022). *Total Private Investment in AI more than doubled in 2021 to stand at \$93.5B*. Obtenido de Money Transfers: <https://moneytransfers.com/news/content/total-private-investment-in-ai-more-than-doubled-in-2021-to-stand-at-93-5b>
- MIA Advanced Systems. (2020). *Impacto de la inteligencia artificial en el medioambiente*. Obtenido de MIAS Advanced Systems: <https://mia.as/impacto-inteligencia-artificial-medioambiente>
- Microsoft. (2019). *AI for Earth*. Obtenido de Microsoft: <https://www.microsoft.com/en-us/ai/ai-for-earth-wild-me>
- Microsoft. (2019). *Naturgy optimiza las operaciones de su red de distribución gracias a la Inteligencia Artificial de Microsoft*. Obtenido de Microsoft Prensa: <https://news.microsoft.com/es-es/2019/11/11/naturgy-optimiza-las-operaciones-de-su-red-de-distribucion-gracias-a-la-inteligencia-artificial-de-microsoft/>
- Microsoft. (2019). *Siemens Gamesa Renewable Energy crea un futuro más sostenible con la energía eólica, la IA y la nube de Microsoft*. Obtenido de Microsoft Prensa: <https://news.microsoft.com/es-es/2019/04/05/siemens-gamesa-renewable-energy-crea-un-futuro-mas-sostenible-con-la-energia-eolica-la-ia-y-la-nube-de-microsoft/>
- MinCiencia. (2021). *Chile presenta la primera Política Nacional de Inteligencia Artificial*. Obtenido de minciencia.gob: <https://www.minciencia.gob.cl/noticias/chile-presenta-la-primera-politica-nacional-de-inteligencia-artificial/#:~:text=Plan%20de%20Acci%C3%B3n%20de%20IA,p%C3%ABlica%20de%20%2426%20mil%20millones.>
- Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. (2021). *Política Nacional de Inteligencia Artificial*. Obtenido de https://minciencia.gob.cl/uploads/filer_public/bc/38/bc389daf-4514-4306-867c-760ae7686e2c/documento_politica_ia_digital_.pdf
- Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. (s.f.). *Instituciones - Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación*. Recuperado el 09 de 03 de 2023, de Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación: <https://www.gob.cl/ministerios/ministerio-de-ciencia-tecnologia-conocimiento-e-innovacion/>
- Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. (2020). *Encuesta TIC, año de referencia 2018*. Obtenido de Economía.Gob: <https://www.economia.gob.cl/2020/07/08/encuesta-tic-2018.htm>

- Ministerio de Educación. (s.f.). *Instituciones - Ministerio de Educación*. Recuperado el 09 de 03 de 2023, de Ministerio de Educación: <https://www.gob.cl/ministerios/ministerio-de-educacion/>
- Ministerio de Energía. (2015). *Energía 2050 - Política Energética de Chile*. Obtenido de https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/energia_2050_-_politica_energetica_de_chile.pdf
- Ministerio de Energía. (2019). *Plan de Descarbonización de la Matriz Eléctrica*. Obtenido de Ministerio de Energía | Gobierno de Chile: <https://energia.gob.cl/mini-sitio/plan-de-descarbonizacion-de-la-matriz-electrica>
- Mislej, E. (2022). *Inteligencia artificial para reducir el impacto ambiental*. Obtenido de Infobae: <https://www.infobae.com/opinion/2022/09/01/inteligencia-artificial-para-reducir-el-impacto-ambiental/>
- Monasterio Astobiza, A. (2021). *Inteligencia Artificial para el bien común (AI4SG): IA y los objetivos de desarrollo sostenible*. Arbor, 197(802): a629. doi:<https://doi.org/10.3989/arbor.2021.802007>
- Montagud, N. (2022). *Test de Turing: qué es, cómo funciona, ventajas y limitaciones*. Obtenido de Psicología y Mente: <https://psicologiaymente.com/cultura/test-turing>
- Montero, F. (2021). *El futuro de las ciudades: inteligencia artificial, planificación urbana y el transporte*. Obtenido de Ámbito: <https://www.ambito.com/opiniones/microcentro/el-futuro-las-ciudades-inteligencia-artificial-planificacion-urbana-y-el-transporte-n5208513>
- Montoya, J. (2018). *Historia y evolución del desarrollo sustentable*. Obtenido de Desarrollo Sustentable: <https://www.desarrollosustentable.co/2018/03/historia-del-desarrollo-sustentable.html>
- Mora, J. (2016). *La evolución de la Inteligencia Artificial*. Obtenido de Mundo Contact: <https://mundocontact.com/la-evolucion-de-la-inteligencia-artificial/>
- Naciones Unidas. (2020). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2020*. Obtenido de https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2020_Spanish.pdf
- Naciones Unidas. (2021). *La Inteligencia Artificial y los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de ohchr.org: <https://www.ohchr.org/es/stories/2022/05/artificial-intelligence-and-sustainable-development-goals>
- Naciones Unidas. (2022). *China ha logrado avances significativos en cuanto a Objetivos de Desarrollo Sostenible, según ministro*. Obtenido de Xinhua Español: <http://spanish.xinhuanet.com/20220714/17f45b8a021a45cf936a41acb0e5cf5f/c.html>

- Naciones Unidas. (2022). *Los Objetivos de Desarrollo Sostenible siguen siendo la brújula de la UE*. Obtenido de Naciones Unidas Centro Regional de Información - UNRIC: <https://unric.org/es/los-objetivos-de-desarrollo-sostenible-siguen-siendo-la-brujula-de-la-ue/>
- Naciones Unidas. (s.f.). *Conferencias | Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible | Naciones Unidas*. Recuperado el 01 de Junio de 2022, de <https://www.un.org/es/conferences/environment>
- National Geographic. (2020). *Breve historia visual de la inteligencia artificial*. Obtenido de National Geographic España: https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/breve-historia-visual-inteligencia-artificial_14419
- NEPA. (1969). *The National Environmental Policy Act of 1969*. Obtenido de https://www.energy.gov/sites/default/files/nepapub/nepa_documents/RedDont/Req-NEPA.pdf
- Observatorio IA. (2017). Plan para el desarrollo de la IA en China, ¿estrategia para su hegemonía tecnológica mundial? *Observatorio de Inteligencia Artificial*. Obtenido de Observatorio de Inteligencia Artificial: <https://observatorio-ia.com/desarrollo-inteligencia-artificial-china>
- Ocaña, Y., Valenzuela, L., Vera, M., & Rengifo, R. (2021). Inteligencia artificial (IA) aplicada a la gestión pública. *Revista Venezolana de Gerencia*, 26(94), págs. 696-707. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/290/29069612013/html/>
- OCDE. (2019). *Artificial Intelligence in Society*. doi: <https://doi.org/10.1787/eedfee77-en>
- Olarte, C. (2022). *Conoce cómo los países latinoamericanos avanzan con diferentes focos en la implementación de la inteligencia artificial*. Obtenido de Tekios: <https://tekiosmag.com/2022/06/02/conoce-como-los-paises-latinoamericanos-avanzan-con-diferentes-focos-en-la-implementacion-de-la-inteligencia-artificial/>
- ONU. (2021). *La Agenda para el Desarrollo Sostenible*. Obtenido de Objetivos de Desarrollo Sostenible: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2020). *Elaboration of a Recommendation on the ethics of artificial intelligence*. Obtenido de <https://en.unesco.org/artificial-intelligence/ethics>
- Ortega, A. (2021). *La inteligencia artificial revoluciona el sector de la agroindustria*. Obtenido de Increta: <https://increta.com/insights/inteligencia-artificial-agroindustria/>
- Ortiz, L., & Guevara, A. (2021). *Inteligencia Artificial e igualdad de género en la UE, España y Suecia*. Obtenido de Universidad Autónoma de Madrid.

- Ortiz, M. (2020). *Inteligencia artificial y sostenibilidad: Hacia un futuro tecnológico sostenible*. Obtenido de Mujeres con Ciencia: <https://mujeresconciencia.com/2020/06/05/inteligencia-artificial-y-sostenibilidad-hacia-un-futuro-tecnologico-sostenible/>
- Pastor, D., & Pacheco, A. (2019). *Objetivos de desarrollo sostenible, inteligencia artificial y Big Data*. Obtenido de Fundación SERES: <https://www.fundacionseres.org/Paginas/Campus/BuenasPracticas.aspx?IDE=161>
- Puentes. (2022). *Inteligencia artificial para reducir el impacto ambiental*. Obtenido de 7Puentes's Blog: <https://www.7puentes.com/blog/2022/05/24/inteligencia-artificial-impacto-ambiental/>
- PwC; Microsoft. (2019). *How AI can enable a Sustainable Future*. Obtenido de <https://www.pwc.co.uk/sustainability-climate-change/assets/pdf/how-ai-can-enable-a-sustainable-future.pdf>
- Rainforest Connection. (s.f.). *Our Work*. Obtenido de Rainforest Connection: https://rfcx.org/our_work
- Rodal, E. (2021). *Tecnologías orientadas a la generación y distribución de energía*. Obtenido de Podcast Industria 4.0: <https://www.podcastindustria40.com/energia-inteligencia-artificial/>
- Ruiz, A. (2022). *Inteligencia Artificial como clave para la preservación del medio ambiente y de la industria forestal*. Obtenido de Tecnología para los negocios: <https://ticnegocios.camaravalencia.com/servicios/tendencias/inteligencia-artificial-como-clave-para-la-preservacion-del-medio-ambiente-y-de-la-industria-forestal/#:~:text=La%20Inteligencia%20Artificial%20tambi%C3%A9n%20se,m%C3%ADnimo%20acerca%20de%20cat%C>
- Sandoval, E. (2018). Aprendizaje e Inteligencia en la Era Digital: Implicancias Socio-Pedagógicas ¿Reales o Futuras? *Boletín Redipe*, 155-171. Obtenido de Boletín Redipe: <https://revista.redipe.org/index.php/1/article/view/626/583>
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution* (Vol. 1). Debate. Obtenido de <https://economyapoliticafeunam.files.wordpress.com/2020/05/klaus-schwab.la-4c2b0-rev.-industrial-2.pdf>
- Senado de la República. (2019). *Inteligencia Artificial para Chile. La urgencia de desarrollar una estrategia*. Obtenido de https://www.senado.cl/senado/site/mm/20190912/asocfile/20190912174942/final_inteligencia_artificial_3__1_.pdf
- ShareAmerica. (2021). *Innovadores de EE. UU, utilizan inteligencia artificial para proteger hábitats terrestres y marinos*. Obtenido de ShareAmerica: <https://share.america.gov/es/innovadores-de-ee-uu-utilizan-inteligencia-artificial-para-proteger-habitats-terrestres-y-marinos/>

- Subsecretaría de Educación Superior. (2020). *Las carreras técnicas de tecnología y administración lideran la empleabilidad en Chile*. Obtenido de Mifuturo.cl: <https://www.mifuturo.cl/las-carreras-de-tecnologia-y-administracion-lideran-empleabilidad-en-chile/>
- Sustentabilidad UANL. (2022). *¿Qué es el desarrollo sustentable?* Obtenido de Universidad Autónoma de Nuevo León, Secretaría de Sustentabilidad: http://sds.uanl.mx/desarrollo_sustentable/
- Taulli, T. (2020). *Deep Learning: What you need to know*. Obtenido de Forbes: <https://www.forbes.com/sites/tomtaulli/2020/03/27/deep-learning-what-you-need-to-know/?sh=5a81fa366f30>
- The Ocean Cleanup. (s.f.). *La limpieza del Océano*. Obtenido de The Ocean Cleanup: <https://theoceancleanup.com/dashboard/>
- Thillien, D., Mackie, F., Kingsley, J., Iyer, L., & Wood, R. (2022). *Seizing the opportunity: the future of AI in Latin America*. Obtenido de <https://impact.economist.com/perspectives/sites/default/files/seizing-the-opportunity-the-future-of-ai-in-latin-america.pdf>
- Tricot, R. (2021). *Venture capital investments in artificial intelligence: Analysing trends in VC in AI companies from 2012 through 2020*. OECD Digital Economy Papers, No. 319, OECD Publishing, Paris. doi:<https://doi.org/10.1787/f97beae7-en>
- TVP. (2019). *¿Qué es la inteligencia artificial?* Obtenido de Todo tiene un porqué: <https://www.tvpublica.com.ar/post/que-es-la-inteligencia-artificial>
- Vanamo-Santacruz, K. (2019). *Finlandia apuesta al desarrollo sostenible*. Obtenido de Clarín - Economía: https://www.clarin.com/economia/finlandia-apuesta-desarrollo-sostenible_0_Eab1W1dk.html
- Vaquero, M. (2018). *Smart cities o ciudades inteligentes*. Obtenido de ACH: <https://panelesach.com/blog/smart-cities-o-ciudades-inteligentes-que-son/>
- Vinuesa, R., Azizpour, H., Leite, I., Balaam, M., Dignum, V., Domisch, S., . . . Nerini, F. F. (2020). *The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals*. Nat Commun 11, 233. doi:<https://doi.org/10.1038/s41467-019-14108-y>
- World Economic Forum. (2023). *The Global Risks Report*. Obtenido de https://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_Report_2023.pdf

8 Anexos

Anexo 1

Listado de los 17 ODS establecidos por Organización de Naciones Unidas en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.



Nota. Extraído del “Informe de los Objetivos del Desarrollo Sustentable” (Naciones Unidas, 2020)

Anexo 2

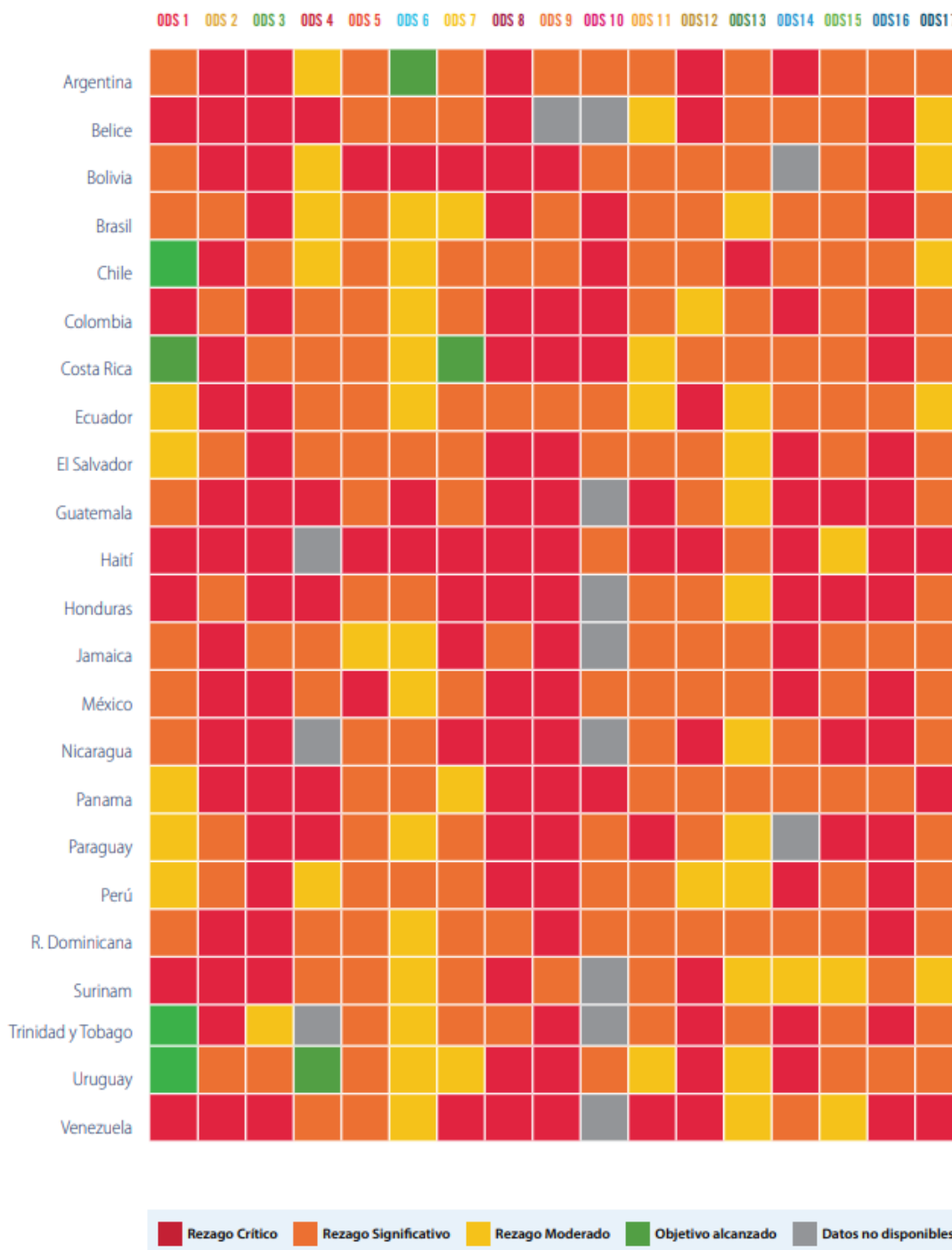
*Listado de las 82 naciones más cercanas al cumplimiento de los ODS de las 163
rankeadas pertenecientes a las Naciones Unidas.*

Rank	Country	Score	Rank	Country	Score
1	Finland	86.5	42	Bulgaria	74.3
2	Denmark	85.6	43	Cyprus	74.2
3	Sweden	85.2	44	Thailand	74.1
4	Norway	82.3	45	Russian Federation	74.1
5	Austria	82.3	46	Moldova	73.9
6	Germany	82.2	47	Costa Rica	73.8
7	France	81.2	48	Kyrgyz Republic	73.7
8	Switzerland	80.8	49	Israel	73.5
9	Ireland	80.7	50	Azerbaijan	73.5
10	Estonia	80.6	51	Georgia	73.4
11	United Kingdom	80.6	52	Fiji	72.9
12	Poland	80.5	53	Brazil	72.8
13	Czech Republic	80.5	54	Argentina	72.8
14	Latvia	80.3	55	Vietnam	72.8
15	Slovenia	80.0	56	China	72.4
16	Spain	79.9	57	North Macedonia	72.3
17	Netherlands	79.9	58	Peru	71.9
18	Belgium	79.7	59	Bosnia and Herzegovina	71.7
19	Japan	79.6	60	Singapore	71.7
20	Portugal	79.2	61	Albania	71.6
21	Hungary	79.0	62	Suriname	71.6
22	Iceland	78.9	63	Ecuador	71.5
23	Croatia	78.8	64	Algeria	71.5
24	Slovak Republic	78.7	65	Kazakhstan	71.1
25	Italy	78.3	66	Armenia	71.1
26	New Zealand	78.3	67	Maldives	71.0
27	Korea, Rep.	77.9	68	Dominican Republic	70.8
28	Chile	77.8	69	Tunisia	70.7
29	Canada	77.7	70	Bhutan	70.5
30	Romania	77.7	71	Turkey	70.4
31	Uruguay	77.0	72	Malaysia	70.4
32	Greece	76.8	73	Barbados	70.3
33	Malta	76.8	74	Mexico	70.2
34	Belarus	76.0	75	Colombia	70.1
35	Serbia	75.9	76	Sri Lanka	70.0
36	Luxembourg	75.7	77	Uzbekistan	69.9
37	Ukraine	75.7	78	Tajikistan	69.7
38	Australia	75.6	79	El Salvador	69.6
39	Lithuania	75.4	80	Jordan	69.4
40	Cuba	74.7	81	Oman	69.2
41	United States	74.6	82	Indonesia	69.2

Nota. Extraído de “Sustainable Development Report 2022” (Cambridge, 2022)

Anexo 3

Tablero de desempeño para América Latina y el Caribe, 2021.



Nota. Extraído del informe “Índice ODS 2021 para América Latina y el Caribe” (Centro de los Objetivos del Desarrollo Sostenible para América Latina, 2022).