

Inteligencia artificial para la prevención de desastres naturales y resolución de problemas ambientales. Un estudio aplicado al archipiélago canario.



Eleonora Posadinu
eposadinu@uoc.edu

30/01/2023

Tutora: Gloria Álvarez Hernández

Trabajo final de máster
Febrero 2022-23, semestre II

A mi profesora Gloria, por su asesoría y sus preciosos consejos.

A mia mamma Giovanna, per il suo amore incondizionato che smuove tutte le mie iniziative.

A mi novio Juan, por el amor y el apoyo, por cuidarme, acompañarme y motivarme durante todo el camino.

A mia sorella Tiziana e mio fratello Salvatore per credere in me, sempre.

Inteligencia artificial para la prevención de desastres naturales y resolución de problemas ambientales.

Un estudio aplicado al archipiélago canario.

*Then imagine what it would mean
in lives saved, suffering alleviated and human potential
unleashed if we could harness AI to help us find solutions to
these challenges.*

The future Computed (2018). Microsoft

Contenido

Resumen.....	6
INTRODUCCIÓN.....	7
Justificación.....	8
Objetivo y alcance.....	9
Metodología.....	10
Cronograma.....	13
1 La inteligencia artificial.....	14
1.1 Introducción.....	14
1.2 Funcionamiento y campos de aplicación.....	15
1.3 Perspectiva futura.....	18
2. La inteligencia artificial para la comprensión del entorno.....	19
2.1. Introducción al archipiélago canario.....	19
2.2 Características de Canarias.....	20
2.3 Control orográfico del territorio para su preservación.....	22
2.3.1. Descripción del problema.....	22
2.3.2 Proyectos actuales en Canarias.....	23
2.3.3 Soluciones propuestas.....	23
2.4 Predicción del clima para la prevención de desastres naturales.....	24
2.4.1. Descripción del problema.....	24
2.4.2 Proyectos actuales en Canarias.....	25
2.4.3 Soluciones propuestas.....	25
2.5 Monitorización vulcanológica.....	26
2.6 La mitigación de los incendios.....	28
2.6.1 Descripción del problema.....	28
2.6.3 Soluciones propuestas.....	29
2.7 Conclusiones y proyectos propuestos.....	30
3. El papel de la IA en el cumplimiento del objetivo de desarrollos sostenibles.....	34
3.1 Inteligencia artificial para la resolución de objetivos sostenibles relacionados con el medioambiente.....	35
3.1.2 Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.....	36
3.1.3 Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.....	37
3.1.4 Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres ...	37

3.2	Agenda Canaria 2030	38
4.	Estrategia y validez de la propuesta	39
4.1	DAFO y análisis MECA	39
4.2	Estrategia y recomendaciones	43
5.	Conclusiones y recomendaciones.....	44
5.1	Conclusiones.....	44
5.2	Recomendaciones	46
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
	TABLA DE ILUSTRACIONES	54
	FIGURAS	54
	TABLAS	54

Resumen

Abstract

Although there is a dystopian conception of artificial intelligence and new technologies, they have a lot of potential and a wide range of applications. Artificial intelligence allows analyzing the data collected to optimize the understanding of phenomena or make very accurate predictions for the prevention of these (Martinez, 2019).

It can be applied for benevolent purposes and process improvement in different sectors: urban control and logistics, health sector, marketing, finance, agriculture, social networks, home, security, crime control, etc. On this occasion, we will study how this technology can be used to curb the environmental impact through the creation of smart cities that allow the control and optimization of traffic, the study of waste and the monitoring of the exploitation of the territory.

Planet Earth and the communities are increasingly affected by phenomena caused and accentuated by human action and the incoming climate change. Human activities are the main cause of global warming and the worsening of some natural phenomena. Overpopulation, pollution and the accumulation of waste can harm their existence on the planet and, consequently, life on it.

This technology can be used to solve problems of environmental impact, prevention and studies of atmospheric, geological, hydrological phenomena natural or caused by human action. This tool can also be used as a means to accelerate the resolution of the sustainable development goals.

The environmental problems identified in the Canary Island region will be analyzed through this investigation and the artificial intelligence adoption to reduce environmental impact, as well as prevent natural disasters.

All these aspects can be considered a future problem by society and, therefore, immediate measures are not usually taken but interventions are postponed.

For this reason, the author wanted to approach the issue from an objective point of view, starting from a general perspective to a more specific and close one at the community level, taking the study to the canarian community.

Palabras clave:

Artificial Intelligence, sustainability, Canary Islands, environment, natural disasters.

INTRODUCCIÓN

A pesar de que exista una concepción distópica de la inteligencia artificial (más adelante IA) y de las nuevas tecnologías, esta tiene mucho potencial y un amplio abanico de aplicaciones (Martinez, 2019). Esta tecnología permite analizar los datos recogidos para optimizar la comprensión de fenómenos o hacer predicciones muy precisas para la prevención de estos. Puede ser aplicada con fines benévolos y en la mejora de procesos en diferentes sectores: control urbano y logística, sector sanitario, marketing, finanzas, agricultura, redes sociales, hogar, seguridad, control de crimen, etc. (Rouhiainen, 2018).

En esta ocasión, estudiaremos como esta tecnología puede ser utilizada para frenar el impacto medioambiental a través de la creación de ciudades inteligentes que permitan el control y la optimización del tráfico, el estudio de los desechos y la monitorización de la explotación del territorio.

El planeta tierra y las comunidades que lo habitan, se ven cada vez más afectadas por fenómenos provocados y acentuados por la acción humana y el acuciante cambio climático.

Las actividades humanas son la principal causa del calentamiento global y del empeoramiento de algunos fenómenos naturales. La sobrepoblación, la contaminación y la acumulación de residuos pueden perjudicar su existencia en el planeta y, consecuentemente, la vida en él.

Esta tecnología se puede aprovechar para resolver problemas de impacto ambiental, prevención y estudios de fenómenos atmosféricos, geológicos, hidrológicos naturales o provocados para la acción humana. Además, esta tecnología puede ser el medio para acelerar la resolución de los objetivos de desarrollo sostenible.

En este análisis estudiaremos en particular los problemas identificados en la región autónoma de Canarias y su adopción para reducir el impacto ambiental, así como prevenir desastres naturales. Todos estos aspectos pueden resultar ajenos a los individuos o considerarse un problema futuro y, por lo tanto, no suelen tomarse medidas inmediatas sino postergar cualquier intervención.

Por esta razón, se quiso abordar el tema desde un punto de vista objetivo, partiendo de una perspectiva general hasta una más específica y cercana a nivel de comunidad, llevando el estudio a las islas Canarias.

Palabras clave:

Inteligencia artificial, sostenibilidad, archipiélago canario, medioambiente, desastres naturales.

Justificación

La redacción de este tema nace de la combinación de dos pasiones divergentes: la tecnología y la naturaleza. La aproximación de estos dos mundos tan fascinantes puede resultar en una oportunidad única para la conservación de nuestro planeta.

A través de este estudio se pretende demostrar como la inteligencia artificial puede jugar un papel fundamental para la conservación de la naturaleza y, al mismo tiempo, prevenir y mitigar los daños que puedan provocar los fenómenos acentuados por el cambio climático y la acción humana de los que son puramente espontáneos como los fenómenos vulcanológicos. Por una parte, la tecnología y el progreso tecnológico pueden llevar a un proceso de alienación y distanciamiento del ser humano con respecto a la naturaleza pero, por otra, ese progreso tecnológico puede ser la pieza clave para salvaguardar los hábitats naturales, la supervivencia de las especies y la conservación de la vida en nuestro planeta. El interés social de esta tecnología se destaca también por su implementación para el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible de carácter ambiental.

El libro que ha sido fuente de inspiración para este trabajo es *AI for Good*, de Minh Trinh, que describe como la inteligencia artificial puede ser útil para la resolución de los objetivos de desarrollo sostenibles, que analizaremos más adelante en detalle.

A raíz de esta lectura, el autor ha investigado sobre los diferentes proyectos globales existentes a través de la búsqueda en Google: *artificial intelligence projects for sustainability* y se ha identificado primariamente el proyecto lanzado por Microsoft, *AI for Earth*, que propone desarrollar soluciones innovadoras para entender y monitorizar los eventos y fenómenos naturales a través del análisis de datos (Microsoft). Existen más de 950 proyectos y más de 50 socios estratégicos. Se proponen 20 soluciones diferentes. En el 2018 Microsoft lanza al mercado el libro *The Future Computed: Artificial Intelligence and its Role in Society*, que sugiere la adopción de esta tecnología para tener éxito a nivel empresarial, y plantea los problemas sociales que puedan rodearla (regulaciones, capacitación del personal etc). A través de esta lectura Microsoft también pretende motivar la concienciación de su uso debido a que estos sistemas inteligentes pueden ser utilizados para emprender acciones ilegales. Otro proyecto de impacto mundial objeto de investigación es "AI conservation" de Google, que tiene como objetivo proteger especies en riesgo y conservar espacios naturales a través de la inteligencia artificial. Estos proyectos hacen uso de inteligencia artificial y de su potencial para procesar una gran cantidad de datos para tomar decisiones con el fin de hacer análisis predictivos de una forma veloz.

Una vez analizados estos proyectos y comprendida la magnitud del potencial de esta tecnología, el autor se enfocará en identificar las problemáticas más cercanas desde el punto de vista ambiental en su comunidad autónoma, el archipiélago canario, e intentará resolverlas comparando y estudiando los proyectos existentes con otros en distintas partes del territorio nacional y el extranjero. Para la identificación de los problemas locales se tomará como referencia una encuesta de Macclima¹ para la comprensión de las preocupaciones más acuciantes con respecto al cambio climático de la población de Gran Canaria y, una vez

¹ MAC-Clima es un proyecto para la observación ambiental con el fin de frenar el impacto de cambio climático o atenuar sus consecuencias

identificadas, se buscarán soluciones basadas en IA para resolverlas. La búsqueda se realizará a través de Google y se averiguarán los proyectos existentes o en fase experimental en Canarias y a nivel internacional para su comparación e integración. Simultáneamente se aproximarán estos problemas y su resolución, a través de esta tecnología, a los objetivos de desarrollo sostenibles relacionados con el medioambiente para demostrar su potencial consecución. Finalmente se realizará un DAFO-MECA procesando la información asimilada durante todo el proceso de investigación y planteando la viabilidad de las soluciones propuestas en Canarias.

Es importante mencionar que el uso de la inteligencia artificial da pie a mucha controversia. Su similitud con el funcionamiento del cerebro humano suele generar gran inquietud, ya que sus complicados mecanismos no son tan transparentes para los legos en la materia. Existe una preocupación sobre los avances de esta tecnología y de cómo pueda llegar hasta el punto de superar el intelecto humano (Porcelli, 2021). Las mayores ansiedades recaen en el potencial reemplazo de trabajadores en los puestos más susceptibles de ser sustituidos por automatismos que desembocaría en un aumento del desempleo, así como su aplicación para fines malévolos (Forbes, 2021). Esta tecnología puede ser un arma a doble filo y ser utilizada como instrumento para emprender acciones ilegales como fraude, propaganda engañosa, violación de la privacidad y, por lo tanto, el gobierno europeo, está impulsando medidas legislativas para poder regularla cuanto antes (Comisión Europea, 2021). Sin embargo, esta tecnología será el medio a través del cual los seres humanos puedan proteger su bienestar y el del planeta, como por ejemplo, la amortiguación del cambio climático o la predicción de fenómenos naturales que puedan tener consecuencias devastadoras.

Objetivo y alcance

El objetivo general de este proyecto es analizar el potencial de la inteligencia artificial para la resolución de problemas de impacto medioambiental y la prevención de desastres naturales en Canarias, haciendo referencia a los proyectos existentes y planteando ideas de mejora de estos o la implementación de otros nuevos. Se brindan soluciones de IA para la resolución de las complicaciones más urgentes como, por ejemplo, la necesidad de tomar medidas de prevención de desastres o la monitorización del clima. Si bien los resultados puedan ser útiles para otras regiones, el alcance principal es para la comunidad canaria. El actor principal de la investigación es el gobierno de Canarias y sus organismos que, como veremos más adelante, ya han implementado algunas iniciativas. Sin embargo, estas carecen todavía de las tecnologías adecuadas y se focalizan solo en parte en el alcance de los objetivos planteados (monitorización de incendios y fenómenos vulcanológicos), dejando de lado otros de gran importancia (control orográfico, gestión de residuos etc.). Este trabajo propone la mejora de los proyectos existentes y ofrece nuevas soluciones.

El primer objetivo del trabajo es descriptivo y se enfoca en la exposición y contextualización de la inteligencia artificial partiendo de una breve introducción histórica hasta llegar a los avances actuales. Este preámbulo está dirigido a un público con bajo o nulo conocimiento en la materia. Su función es introducir al lector a la tecnología para que pueda entender su potencial en el ámbito principal del proyecto: la resolución de problemas medioambientales y la prevención de desastres naturales en Canarias.

Por esta razón, el autor propone ofrecer una perspectiva de cómo funcionan los sistemas inteligentes y facilitar los beneficios de su uso.

El segundo objetivo se enfoca en presentar los problemas del archipiélago y cómo resolverlos a través de propuestas de proyectos ya existentes. En este apartado se quiere concienciar al lector sobre los problemas que preocupan más a la población canaria y el planteamiento de su resolución a través de proyectos de inteligencia artificial existentes o tecnologías innovadoras basadas en esta.

El tercer objetivo es analizar las ventajas y desventajas de la inteligencia artificial para la resolución de problemas ambientales a través de un análisis SODA-MECA. Sobre las conclusiones del análisis se decidirá la viabilidad de los proyectos propuestos. Se presentarán acciones de mejora para maximizar las fortalezas, explotar las oportunidades, corregir las debilidades y enfrentarse a las amenazas.

Metodología

En este apartado se define la metodología aplicada durante el desarrollo del trabajo, las preguntas de investigación que se han planteado para la definición de los objetivos y las fuentes de datos utilizadas. Se puede estructurar el trabajo en tres bloques: introducción a la inteligencia artificial, relación IA e impacto ambiental y la aplicación de éstas a proyectos medioambientales en el archipiélago canario.

Para responder a la primera de las preguntas clave del análisis *¿por qué es interesante la inteligencia artificial?* se han analizado artículos actuales y papers de investigación, así como libros, para resumir de una forma comprensible e inmediata el concepto de esta tecnología. Se han identificado los campos de aplicación de la inteligencia artificial a través de la consulta de trabajos científicos de diferentes expertos en la materia e investigando sobre proyectos actuales.

Para responder a la pregunta *¿puedo solucionar problemas medioambientales del archipiélago canario a través de esta tecnología y alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible?* se han identificado los problemas medioambientales más preocupantes según la población de Gran Canaria (encuesta de Macclima) y se ha investigado la existencia de proyectos de inteligencia artificial en Canarias a través de la búsqueda en Google de *proyectos de inteligencia artificial en Canarias* y se han seleccionado los que son de interés para esta investigación. Una vez identificados, se ha averiguado sobre tecnologías y otros proyectos existentes en España y a nivel internacional para poder complementar o integrar los proyectos actuales o implementar unos nuevos. Las fuentes utilizadas son de científicos y expertos en la materia y de empresas e instituciones de gran calado a nivel mundial (Google, AWS, Indra, Involcan, UE etc.). Se ha encontrado la forma más adecuada de mejorarlos a través de una integración con otras tecnologías complementarias de inteligencia artificial. Para la investigación se han utilizado *papers* encontrados tras búsquedas en Google Scholar y Research Gate. Una vez analizados diferentes casos de estudio, se han aportado conclusiones sobre los proyectos actuales y los propuestos a través de una tabla. Se ha analizado también la relación entre los objetivos de desarrollo sostenibles e IA a través estudios de relevancia sobre el tema y consultando las paginas web de las Naciones Unidas y organismos gubernamentales.

Para realizar el SODA-MECA y contestar a la pregunta *¿Cuál es la aplicabilidad de esta tecnología en el territorio canario?* y analizar la aplicación de la inteligencia artificial en Canarias se ha analizado la preparación del archipiélago frente a esta tecnología, utilizando sobre todo la

web del gobierno de Canarias y fuentes de científicos y expertos para identificar los requisitos y la potencialidad de la tecnología a nivel general.

Se han considerado también, como fuentes de información validas, medios de comunicación, organizaciones acreditadas y proyectos en fase experimental.

A nivel **cuantitativo**, se aportan las conclusiones de una encuesta de 2019 de Mozilla² sobre la concepción de la IA por el público y el nivel de percepción del conocimiento de esta tecnología a nivel mundial.

La investigación llevada a cabo será de tipo **básico**, ya que el fin es descriptivo, acompañado por recomendaciones y sugerencias de mejora, así como una invitación a tomar medidas resolutivas.

La investigación es de tipo **exploratoria**, el objetivo es proporcionar una visión general de como esta tecnología puede ser de vital importancia para resolver problemas de una región específica, pero también a escala global.

La inferencia es de tipo **deductivo**, ya que comienza con una premisa generalizada, que incluye nociones generales de inteligencia artificial y su aplicación en el ámbito de la conservación medioambiental, para culminar en materia específica y aplicar su uso a la resolución de los mayores problemas de una región autónoma de España, Canarias.

La esfera temporal de la investigación es **transversal**, ya que se examinará el potencial de esta acorde a los avances de la tecnología en la fecha actual (septiembre 2021 - febrero 2022).

La investigación tiene un carácter **práctico** que plantea porqué los organismos públicos deberían tomar iniciativas innovadoras e implementar proyectos de Big Data e Inteligencia artificial con un fin de conservación medioambiental y prevención de desastres.

OBJETIVO	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	TECNICA DE ANALISIS	FUENTE DE DATOS
<p>1. Proporcionar al lector el concepto general de la inteligencia artificial y sus campos de aplicación</p>	<p>¿Qué es la inteligencia artificial? ¿Por qué es interesante este tema?</p>	<p>Descriptiva, cualitativa y exploratoria. Cuantitativa: Encuesta Mozilla.</p>	<p>Libros especializados, revistas especializadas, artículos técnicos, páginas web, gubernamentales (World Health Organization, World Economic Forum etc), estudios de consultoras.</p>

² La Fundación Mozilla trabaja para garantizar que Internet siga siendo un recurso público abierto y accesible para todos. Es comúnmente conocida por el navegador Firefox.

			Encuesta de consultoras. (Mozilla,2021)
2. Contextualizar al lector los problemas medioambientales. La propuesta de proyectos de inteligencia artificial para la prevención de estos.	¿Cuáles son los problemas medioambientales del archipiélago canario? ¿Pueden ser resueltos a través de la inteligencia artificial? ¿Existen proyectos que pueden ser aplicados para la resolución de estos problemas?	Descriptiva y cualitativa Cuantitativa.	Artículos científicos, libros, encuestas (Macclima 2014-2020), web de organizaciones gubernamentales (Gobierno de Canarias, GRAFCAN, Involcan etc.), Web colaborativas de la consejería de educación de Canarias (CanariWiki).
3. Definición del rol de la inteligencia artificial en la resolución de los objetivos sostenibles a nivel global y canarias	¿Cuál es la relación inteligencia artificial-ODS en Canarias?	Descriptiva, cualitativa y exploratoria	Web de organizaciones gubernamentales (Naciones Unidas), informes Unión Europea, libros, noticias de prensa canaria, artículos y revistas especializadas,
4. Valoración de la aplicabilidad de los proyectos de IA en Canarias y definición de la estrategia	¿Cuáles es la aplicabilidad de esta tecnología en Canarias?	Descriptiva, cualitativa y exploratoria	Revistas especializadas, artículos científicos, web de empresas relevantes (Google, AWS etc.)

Tabla 1 Objetivos del trabajo y técnicas de análisis. Elaboración propia

1 La inteligencia artificial

1.1 Introducción

Para entender el potencial de la Inteligencia artificial (en adelante IA) en el sector medioambiental y para la prevención de desastres, se presenta una breve introducción a esta tecnología. Se define inteligencia artificial como “la ciencia e ingenio de hacer máquinas inteligentes” (J. McCarthy 1956). La primera máquina inteligente nos traslada a 1950 cuando Alan Turing, matemático inglés, consiguió que un sistema reprodujera el pensamiento humano a través del “Turing test”. El evaluador tenía que discriminar las respuestas humanas comparándolas con las respuestas de una máquina, desconociendo el origen de estas. La persona no fue capaz de distinguirlo y el experimento terminó satisfactoriamente. (Boden, 2016). Cuando esta prueba se realizó todavía no existía el concepto de inteligencia artificial ni se podía imaginar que este modelo hubiera tenido el avance alcanzado hoy en día.

El primer programa basado en inteligencia artificial, el Logic Theorist, fue utilizado para demostrar teoremas matemáticos y poco a poco fueron implementados en robots industriales con el fin de resolver diferentes tipos de estos. Fue elaborado por A. Newell, H. Simon y C. Shawy. A finales de los 2000, modelos de IA fueron implementados en los robots humanoides, como Asimo de Honda, electrodomésticos Roomba de I-Robot y los Rovers para la exploración de Marte elaborados por la NASA. Más recientemente, se implementan en automóviles modelos de IA para la conducción autónoma y se lanzan los primeros sistemas capaces de detectar rostros e imágenes automáticamente.

Estas tecnologías, más recientemente, empiezan a ser parte del día a día. Uno de los primeros sistemas dotados de Inteligencia artificial que entró en los domicilios privados fue el Kinect de Xbox360 de Microsoft, un dispositivo interactivo capaz de rastrear los movimientos humanos para usarlos dentro de videojuegos. Otro ejemplo son los asistentes virtuales Siri de Apple (2014) y Cortana de Microsoft (2015), implementados en el sistema operativo de los ordenadores y de los móviles. Estos asistentes virtuales son capaces de responder cuestiones generales y activar mecanismos de respuesta a las preguntas y peticiones de los usuarios, no solo a través del lenguaje, sino a través también de sensores que activan mecanismos remotamente (apagado y encendido de luces, termostatos, cierre de cortinas, etc.)

La mayoría de los teléfonos móviles y aplicaciones actuales se basan en algoritmos de inteligencia artificial (BBVA, 2019). Los mapas en línea que se utilizan conduciendo o los asistentes de voz del hogar funcionan con algoritmos de inteligencia artificial. Las búsquedas en internet se filtran según los gustos del usuario gracias a un algoritmo que, alimentado de datos interactivos (tiempo que el usuario ha estado mirando un determinado artículo, número de búsquedas etc.), facilita la visibilidad del producto o la información que el usuario está buscando.

A pesar de que estos sistemas de inteligencia artificial se están democratizando en nuestra vida cotidiana (Berrada, 2018) el concepto de inteligencia artificial no ha llegado aún a todos los

públicos. Según una encuesta realizada por Mozilla³ en el 2019, a escala mundial el 32,5% de los entrevistados desconocía que es la IA, un 51,6% tenían algunas nociones y un 9,5% creía conocer mucho sobre la inteligencia artificial. Los más expertos son los jóvenes entre los 19 y 24 años.

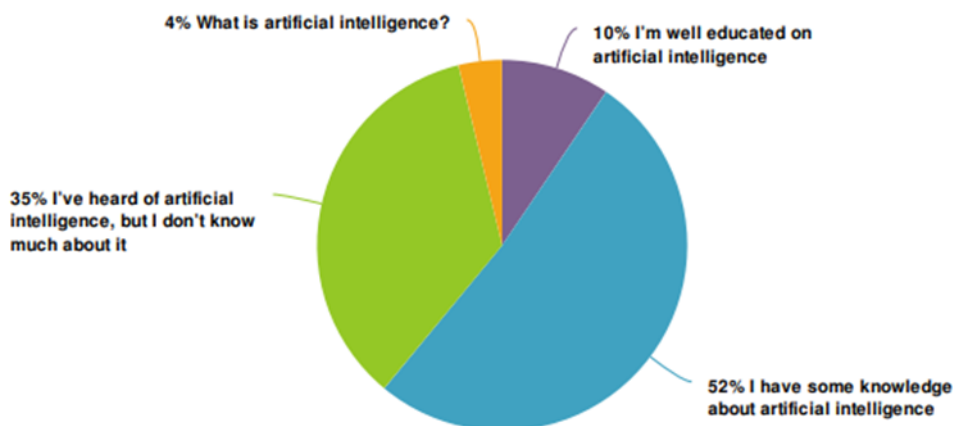


Ilustración 1 *How much do you know about IA?* (2019). Mozilla

1.2 Funcionamiento y campos de aplicación

La inteligencia artificial tiene un papel clave en diferentes sectores. Su gran potencial de aprendizaje derivado del estudio de los datos y la toma de decisiones inteligentes basadas en ellos puede ser utilizado para optimizar tareas y sustituir al ser humano en actividades repetitivas.

Esta tecnología, si es implementada en los contextos adecuados, puede ser utilizada para la automatización de los procesos. Las tareas repetitivas y de análisis, que no aportan valor adicional y que suelen realizarse mediante la intervención humana, ahora pueden ser realizadas por estas máquinas, reservando así el trabajo de profundización a las personas. Entre sus cualidades destaca la precisión y potencial de acierto mucho mayor respecto al de las personas. La IA puede detectar detalles imperceptibles para el criterio humano. Los sistemas son capaces de procesar volúmenes de datos muy amplios en tiempos más cortos. Trabajan de forma continua y su capacidad de aprendizaje va aumentando a medida que su entrenamiento o la cantidad de datos que les es facilitada se incrementa, además pueden realizar varios análisis simultáneamente.

Unas de los resultados más extraordinarios de estos tipos de sistemas es la toma de decisiones, a través de análisis de carácter predictivo, realizadas tras el estudio de los datos. La capacidad de explotación de los patrones comunes y variables permite predecir comportamientos futuros o identificar comportamientos del pasado. A través del Machine Learning (en adelante ML o aprendizaje automático) y del Deep Learning (en adelante aprendizaje profundo o DL) se pueden automatizar tareas sin necesidad de que el ser humano intervenga.

³ Mozilla. (9 de octubre 2019). *What Do You Think About Artificial Intelligence?*

El ML es una rama de la inteligencia artificial basada en el desarrollo de algoritmos creados para el seguimiento de determinadas instrucciones. El tipo de ML que se debe utilizar depende del objetivo que se quiere alcanzar, a que tipo de conclusiones se quiere llegar (detección de anomalías, categorización de los datos, identificación de patrones etc.), la tipología de datos que se quiere analizar y su volumetría. Es importante, para obtener el resultado adecuado, utilizar el tipo de algoritmo correcto. Si, por ejemplo, para hacer predicciones meteorológicas utilizásemos un tipo de aprendizaje no supervisado no se obtendría un resultado coherente.

A continuación, una tabla explicativa para la comprensión de las diferentes ramas de la IA:

Inteligencia artificial	Machine Learning	Deep Learning
Cualquier sistema capaz de realizar una tarea que normalmente requeriría la intervención humana.	<ul style="list-style-type: none"> - Aprendizaje de forma automática a través de la recogida de datos - Detección de patrones de comportamiento en relación con los datos recogidos - Ejemplos de aplicación: reconocimiento facial, búsqueda en internet etc. - Intervención humana intermedia - Modelo: INPUT> ACCIÓN HUMANA (datos) > ANALISIS> OUTPUT 	<ul style="list-style-type: none"> - El aprendizaje de los algoritmos ocurre a través de las neuronas artificiales, imitando el comportamiento cerebral humano - Interpreta en base a la experiencia de detección - Ejemplos de aplicación: traducción, reconocimiento de voz, discriminación de cambios en imágenes. - Intervención humana limitada - Modelo: INPUT> ELABORACIÓN> OUTPUT

Tabla 2. Explicación de las diferentes ramas de la IA. Tabla: elaboración propia. Fuente: Lasse Rouhiainen (2018). Inteligencia Artificial. Editorial planeta.

A pesar de que el objetivo de este trabajo es analizar el potencial de esta tecnología para la prevención de desastres naturales y el ámbito medioambiental en un área específica - el archipiélago canario- es importante reconocer otros campos de aplicación. Las áreas identificadas son propuestas tras una revisión actual de los proyectos activos según las investigaciones del autor:

Sector	Área de aplicación
Agrícola	<ul style="list-style-type: none"> – Rendimiento de los cultivos – Análisis del suelo en tiempo real – Robots de rastreo
Clima	<ul style="list-style-type: none"> – Anticipación a desastres – Previsiones meteorológicas – Prevención de desastres naturales (incendios, fenómenos vulcanológicos etc.)
Control urbano y ambiental	<ul style="list-style-type: none"> – Ciudades inteligentes – Optimización de rutas – Control de los residuos – Control de territorio (fauna y flora) – Previsiones de tráfico – Rastreo de itinerarios y disponibilidad del conductor – Reconocimientos de identidad en aeropuertos, estaciones etc. – Conducción autónoma de los coches
Educación	<ul style="list-style-type: none"> – Identificación de patrones para adaptar los modelos educativos a las necesidades del estudiante
Industria	<ul style="list-style-type: none"> – Predecir y prevenir fallos en la cadena de suministro – Optimizar el funcionamiento de las máquinas
Marketing	<ul style="list-style-type: none"> – Análisis de marketing y publicidad segmentada – Previsiones abandono de clientes – Publicidad – Estrategias de captación de usuarios personalizadas – Recomendaciones de productos
Finanzas	<ul style="list-style-type: none"> – Análisis del riesgo de la inversión – Predicciones en bolsas, del mercado etc. – Personalización de los precios (pricing)
Retail	<ul style="list-style-type: none"> – Análisis cesta de la compra etc.

	<ul style="list-style-type: none"> - Mejora del servicio al cliente y catalogo a través del estudio de sus preferencias
Redes sociales	<ul style="list-style-type: none"> - Identificación de patrones similares - Detección y reconocimiento facial
Sector sanitario	<ul style="list-style-type: none"> - Diagnóstico médico y tratamientos personalizados - Descubrimientos de fármacos - Predicción de enfermedades - Investigaciones genéticas
Seguridad y crimen	<ul style="list-style-type: none"> - Detección de fraude - Detenciones antirrobo - Análisis escena del crimen - Análisis de comportamiento
Sociología	<ul style="list-style-type: none"> - Estudio de la sociedad - Previsiones comportamentales y de tendencias

Tabla 3. Sectores de aplicación de la inteligencia artificial.
 Elaboración propia basada en Fuente: Lasse Rouhiainen (2018). Inteligencia Artificial. Editorial planeta.

1.3 Perspectiva futura

A través de la tabla podemos ver como existen diferentes campos de aplicación de la inteligencia artificial. Sin embargo, la inteligencia artificial trasciende mucho más. Cabe destacar que éstos son solo algunos de los campos de aplicación de esta tecnología y que están relacionados a la investigación del autor basándose en las últimas actualizaciones de Forbes (Enero 2023), World Health Organization (Enero 2023) etc. Pese a ello, la inteligencia artificial está evolucionando a un ritmo muy rápido, experimentando un crecimiento increíble, utilizando los datos para responder de forma inmediata a los entornos cambiantes actuales (World Economic Forum, Enero 2023). Este crecimiento, al mismo tiempo, no solo genera incertidumbre sobre cómo pueda evolucionar esta tecnología y hasta qué punto pueda superar las capacidades humanas, sino que también genera una preocupación en la sociedad con respecto a su ética que debe derivar hacia una regularización y una concienciación mundial sobre su uso. Con el objetivo de analizar y comprender el territorio canario y aplicar medidas preventivas ante desastres y problemas ambientales, analizaremos el potencial de la inteligencia artificial para la monitorización del clima, previsiones meteorológicas y prevención de desastres naturales (incendios, fenómenos vulcanológicos, etc.). Además, emplearemos esta tecnología para aplicar soluciones enfocadas en la conservación del territorio y la gestión de residuos para frenar el impacto del cambio climático en las islas.

2. La inteligencia artificial para la comprensión del entorno

Aunque estas tecnologías pueden ser consideradas nocivas para el ambiente debido a los problemas éticos que pueden derivarse por su uso y al dispendio energético que se necesita para el entrenamiento del algoritmo de aprendizaje automático (Hao, 2019), el alto potencial de la interpretación de datos de la IA puede ser una gran oportunidad para resolver problemas sociales y ambientales. Tras el análisis de datos, las redes neuronales profundas pueden determinar previsiones del clima y el tiempo o, interpretar datos meteorológicos (Rosales et al. 2018), alertar sobre potenciales desastres naturales como incendios (Cardenas et al. 2015), erupciones (Carniel & Guzmán 2020) o inundaciones (Martinez 2021), controlar los niveles de contaminación e incluso crear ciudades sostenibles con sistemas de monitorización del medio de transporte y el control de los desechos (Zhao, 2021). Los algoritmos son capaces de hacer predicciones y pronósticos sobre el futuro, identificar especies en extinción y entornos a proteger; trabajar en la optimización de energía, identificando los patrones de gasto, detectar cambios de temperatura y ambiente etc. (Trinh, 2019) En este capítulo se analizarán las características y los problemas, desde un punto de vista ambiental y orográfico, del archipiélago canario y se propondrán soluciones de inteligencia artificial para su resolución. En segundo lugar, se analizan los problemas identificados y se proponen soluciones de inteligencia artificial para su resolución. Para cada uno de los problemas se propone la siguiente estructura: descripción del problema, mitigación del mismo a través de soluciones tecnológicas y proyectos actuales.

2.1. Introducción al archipiélago canario

Según E. Garcia (2006), sociólogo valenciano, los seres humanos generalmente reconocen el valor de la causa ambiental y asumen su importancia pero cuando se trata de tomar iniciativas para frenar los problemas la sociedad no se preocupa en tomarlas.

A partir de este estudio, el autor señala la preocupación de los seres humanos hacia el medioambiente se impulsa a raíz de tres factores: “porque somos sabios, porque somos ricos o porque somos víctimas” (Garcia, 2006). Las sociedades más avanzadas, debido a su grado de escolarización, han adquirido conciencia “sabiamente” de que muchos problemas ambientales son causados por la acción de los seres humanos, generando un “sentido de culpa” y por lo tanto creando la necesidad de tomar acciones para enfrentarlos. En segundo lugar, estas sociedades pueden preocuparse del medio ambiente debido a que ya no tienen que focalizar su atención en las necesidades primarias como los países subdesarrollados. En tercer lugar, las sociedades se preocuparían por el medioambiente porque somos víctimas. Cuanto más afectadas por el impacto ambiental más preocupaciones. Cuanto más cercano y palpable es el problema más acciones tomarán para enfrentarlo.

Es sobre la base de estas consideraciones que este trabajo describe con detalle los problemas medioambientales de una región autónoma, Canarias, y así concienciar su población de que las consecuencias medioambientales no son algo ajeno al día a día, sino que forman parte del presente y afectan a la sociedad y al territorio.

El archipiélago canario, debido a su condición aislada, la reducida extensión del territorio, la excesiva carga poblacional y la dependencia de materias primas, es particularmente vulnerable a los efectos provocados por el cambio climático (Macclima, 2014-2020) que producen un agravamiento de los fenómenos atmosféricos como lluvias torrenciales, sequías, olas de calor que se convierten fácilmente en inundaciones, incendios y otros desastres naturales. Según la encuesta de Macclima realizada a la población de Gran Canaria con el objetivo de analizar las preocupaciones de la población sobre el cambio climático, los habitantes de la isla priorizan como más preocupantes los siguientes problemas medioambientales:

1. La contaminación del agua
2. El agotamiento de los recursos naturales
3. El cambio climático
4. La eliminación de la basura doméstica
5. Los residuos tóxicos (desechos biológicos, pilas, baterías, aceites, etc.)

A continuación analizaremos con detalle estos problemas y propondremos soluciones de inteligencia artificial enfocadas a su resolución.

2.2 Características de Canarias

Las islas Canarias son un archipiélago español oceánico que se ubica al oeste de África, en el océano Atlántico. Está compuesto por ocho islas: Tenerife, La Palma, El Hierro, Gran Canaria, Fuerteventura, Lanzarote, La Gomera y la Graciosa y hacen parte a su vez del conjunto archipelágico de la Macaronesia junto a las islas Azores, Cabo Verde y Madeira. Se caracterizan por su biodiversidad y su particular formación geológica, que determinan su singularidad, así como su fragilidad desde el punto de vista ambiental (Godoy, 1995).

Los materiales rocosos, conos volcánicos, malpaíses y coladas lávicas constituyen el suelo de casi todas las islas, dándoles una morfología agreste y de difícil tránsito. Las costas se caracterizan por tener acantilados, calas o grandes dunas, mientras el territorio interno es montañoso y con muchos desniveles. Los volcanes más importantes son La Caldera de Bandama en Gran Canaria, la de Taburiente y el volcán Teneguía en La Palma y El Teide en Tenerife, que constituye la cumbre más alta de España y el tercer volcán más alto del mundo desde su base en el lecho oceánico hasta su pico (Godoy, 1995).

Se consideran volcanes activos y con gran potencial de erupción el Cumbre Vieja (última erupción en 2021), el Teide, y el volcán submarino del Hierro. Las islas presentan climas peculiares según su ubicación llamados "microclimas", cuyos factores climáticos dependen de su relieve y su disposición con relación a los vientos alisios, así como su desnivel con respecto al mar. Los microclimas dan lugar a paisajes completamente diversos en un espacio muy reducido, donde se pueden encontrar paisajes naturales como montes de laurisilva, volcanes imponentes, montañas verdes, paisajes rocosos y desérticos, playas de arena negra y blanca en pocos kilómetros. Su geografía aislada también ha permitido la conservación de flora y fauna que se han extinguido en otros lugares del mundo, así como la conservación de endemismos como, por ejemplo, el Tajinaste o la violeta del Teide (Anuario de Canarias, 2022).



Ilustración 2. Visor GRAFCAN. Parques eólicos y fotovoltaicos en canarias

Los vientos alisios, característicos de estas latitudes, transportan bolsas de aire cargadas de humedad que permiten que exista un clima subtropical por debajo de los 1000 metros de altura, mientras se mantiene uno templado por encima; además garantizan la estabilidad climática durante todo el año (Avila et al, 2019).

A pesar de esta estabilidad, existen numerosos fenómenos atmosféricos adversos que pueden desembocar en graves desastres naturales (Antequera, 2010).

Los fenómenos más relevantes son:

- Las lluvias torrenciales ocasionales, que en un día pueden registrar la intensidad del acumulado de un año entero.
- La Calima: la cercanía con el desierto de Sáhara da lugar a fenómenos como la Calima. Un fenómeno atmosférico muy común en las estaciones invernales que trasporta grandes cantidades de arena y polvo del desierto hasta las Islas Canarias, creando grandes nubes de polvo en suspensión que reducen la visibilidad, puede tener un impacto en los sistemas respiratorios de los individuos y causar problemas que afectan a aeropuertos y todo tipo de medios de transporte e infraestructuras.
- Las sequias: se presentan largos periodos sin precipitaciones, superiores a un año, que provocan escasez de agua.
- Temporales de viento: las borrascas atlánticas pueden dar lugar a vientos muy fuertes. La infraestructura de Canarias no está preparada para soportarlos
- Olas de calor e incendios: debido a su cercanía con el desierto y la ausencia de los vientos alisios las temperaturas en Canarias pueden llegar a ser extremas, causando en muchos casos incendios forestales.

Fenómenos como las lluvias torrenciales, la calima, la sequía, temporales de viento y olas de calor están siendo agravados por el inminente cambio climático, por esta razón es importante también limitar la acción de la actividad humana que favorece su agravamiento como, por ejemplo, la masificación poblacional y la producción de residuos.

A parte de los fenómenos atmosféricos y meteorológicos, existen también otros problemas debido a la conformación del territorio como las erupciones volcánicas y las tormentas tropicales (CanariWiki).

El territorio canario se ha visto afectado recientemente por la erupción del volcán Cumbre Vieja en La Palma en 2021, la erupción submarina del Hierro en 2011 y erupciones históricas que se remontan a 1971, 1949 o 1706 entre otras muchas fechas. Una tormenta muy catastrófica fue también la tormenta tropical Delta en 2005, que causó numerosos daños a los servicios públicos, provocó varias víctimas y heridos (Gobierno de Canarias, 2015).

De cara a la preocupación de los habitantes de Gran Canaria, que hemos mencionado anteriormente, analizaremos tres grandes problemas de las islas y como pueden ser enmendados a través de soluciones de inteligencia artificial: el seguimiento de la alteración del paisaje para evitar su continuo deterioro, la eliminación de residuos, predicción del clima para prevenir desastres naturales y otros fenómenos de origen ambiental, como las erupciones volcánicas y los incendios.

Es importante puntualizar que los proyectos escogidos son fruto de la investigación del autor según el criterio de aplicabilidad y los más apropiados en la actualidad para la resolución de las cuestiones aquí valoradas. Los proyectos, así como los avances de la inteligencia artificial, están en constante evolución, por lo tanto, es importante recordar que su desarrollo está actualizado a la fecha de redacción.

2.3 Control orográfico del territorio para su preservación

2.3.1. Descripción del problema

El relieve de las islas canarias es de origen volcánico, montañoso y cuya cima más imponente es el Teide, en Tenerife, con 3.715 metros de altitud (Antequera, 2010). Sin embargo, una de las características y medio de sustentación principal de la isla es el turismo, debido a la riqueza climática y paisajística de las islas (Talavera y Pérez, 2008). El factor más atractivo es, sobre todo, su clima templado todo el año, teniendo una media de entre 20 y 23 grados de temperatura, ganándose el apelativo de “las islas de la eterna primavera”. El modelo turístico de Canarias, debido a la elevada demanda de Europa y a la limitación de espacio, se ve afectado por una enorme presión demográfica y territorial que es muy crítica en las zonas costeras. Las costas son las que han sufrido un impacto ambiental mayor, debido que todas estas zonas se encuentran masificadas y a la construcción hotelera, que en los últimos ochenta años ha deturpado el paisaje y ha causado muchos problemas desde el punto de vista medioambiental (Gobierno de Canarias, 2011). La explotación del territorio, a favor de infraestructuras turísticas, conlleva problemas de gran impacto que, como se ha comentado anteriormente, preocupan a la población de Canarias: la destrucción del paisaje, el aumento del parque automovilístico, la congestión del tráfico, la contaminación acústica y lumínica, la generación y eliminación de residuos y basura, la proliferación continua de urbanizaciones, la

contaminación del agua y el consumo de energía y agua.

2.3.2 Proyectos actuales en Canarias

En Canarias, Grafcan⁴, es una empresa gubernamental que desde el 2016 está desarrollando proyectos de inteligencia artificial para analizar el territorio canario a partir de ortofotos que se actualizan anualmente. Estas proporcionan mucha información sobre el territorio traducible a millones de píxeles (GRAFCAN, s.f.) Los algoritmos del modelo de Inteligencia artificial están entrenados para detectar anomalías en las imágenes con el paso del tiempo y entender qué cambios están afectando al territorio. Al mismo tiempo, los algoritmos se alimentan de información para otras detecciones. Uno de los últimos proyectos de Grafcan se centra en la identificación de flora protegida como palmeras y dragos⁵ a través de ortofotos. Un problema de este análisis es la variabilidad de la calidad de las imágenes más antiguas para poder captar los cambios. Debido a su antigüedad y a la escasa iluminación de estas puede ser complicado que el algoritmo detecte el cambio. Sin embargo, los algoritmos van mejorando su calidad y precisión y estos avances han permitido progresar en las investigaciones. Estos proyectos nacen con el fin de estudiar el territorio y los cambios producidos por las edificaciones y el transporte terrestre.

2.3.3 Soluciones propuestas

Para mitigar estos fenómenos existe la posibilidad de estudiar el territorio a través de la observación de datos que pueden ser capturados haciendo uso de radares (GPR), satélites (GNSS) o drones que sucesivamente son analizados con técnicas de inteligencia artificial, Machine Learning y Deep Learning para su interpretación (Unión Europea, 2014). También es importante, como se ha comentado en anteriores ocasiones, revelar datos de forma local. Por esta razón la Unión Europea ha lanzado el proyecto LandSense⁶ (2020) para que cualquier ciudadano pueda extraer datos o imágenes de utilidad con el fin de recopilar cuantos más datos posibles in situ sobre las condiciones terrestres. Estos datos respaldan las imágenes satelitales de Copernicus para poder monitorizar los cambios en el territorio y tomar decisiones inteligentes sobre los estos. Es posible aprovechar la inteligencia artificial y el procesamiento de imágenes para comprender el nivel de masificación desde el punto de vista de la afluencia turística en el territorio e identificar los espacios de naturales que necesitan ser protegidos a fin de conservar el territorio. A través del Machine Learning se pueden identificar áreas con flora y fauna en peligro de extinción y frenar la edificación de estas (Silvestro et al, 2022).

⁴ GRAFCAN (cartográfica de Canarias, S.A es una empresa pública del gobierno de Canarias responsables de planificar, producir, explotar, y difundir información geográfica sobre el territorio. La empresa es, adscrita a la Consejería de Transición Ecológica, Lucha contra el Cambio Climático y Planificación Territorial del Gobierno de Canarias.

⁵ Endemismo canario

⁶ Landsense; A Citizen Observatory and Innovation Marketplace for Land Use and Land Cover Monitoring). El objetivo del proyecto es crear tanto métodos de bajo coste para obtener datos de alta calidad sobre el terreno como productos de vigilancia medioambiental de gran precisión.

Todavía no existen proyectos de este tipo en Canarias, pero se podrían aprovechar las ortofotos a disposición de Grafcan para identificar elementos de flora y fauna a proteger y así evitar que la masificación turística termine con ellos. Adicionalmente, se puede involucrar a la población para el relevo de fotos locales que puedan proporcionar información importante que luego será procesada por la inteligencia artificial en la identificación de los elementos o patrones de relevancia. Estas prácticas pueden acompañarse con tecnologías como CAPTAIN (Silvestro et al, 2022), basadas en la monitorización estática y dinámica de la biodiversidad con el fin de conservar las especies y hábitats en peligro de extinción. Los modelos de Inteligencia Artificial de CAPTAIN reproducen simulaciones de la biodiversidad global que se pueden aplicar a los datos empíricos relevados y estudiar las consecuencias del cambio climático, el impacto de la construcción de nuevas infraestructuras, masificaciones de áreas etc. Los algoritmos son capaces, en este caso, de encontrar el equilibrio entre el estado actual del sistema (castigo) y su explotación (recompensa).

2.4 Predicción del clima para la prevención de desastres naturales

2.4.1. Descripción del problema

Los desastres naturales generan un deterioro ambiental, económico y humano muy importante y constituyen una amenaza primaria a nivel global. A raíz del cambio climático, estos fenómenos son cada vez más recurrentes y sus efectos siempre más adversos. Por esta razón, es importante encontrar la manera más rápida y eficiente de prevenir y mitigar estos fenómenos. De gran impacto en Canarias son los temporales de lluvia y viento, el fenómeno de la Calima o las olas de calor que pueden abocar a temporadas de fuertes sequías e incendios indomables y los fenómenos vulcanológicos.

De cara a la gravedad y al empeoramiento de estos acontecimientos, la Organización Meteorológica Mundial, la Unidad internacional de Comunicaciones y el programa de las Naciones Unidas para el medioambiente PNUMA, se están movilizando para reunir cuantos más expertos en tecnologías avanzadas para trabajar, a través de la implementación de estas, en la prevención y el alertado de estos fenómenos. Ante este panorama ambiental tan susceptible, no cabe duda de que se deben tomar medidas preventivas o de alerta para evitar que estos episodios lleguen a tomar el cariz de catástrofes naturales.

El impacto del cambio climático provocado por la acción humana es una amenaza mundial cada vez más acuciante y los desastres relacionados con el clima han aumentado de forma considerable en los últimos 50 años (Naciones Unidas s.f.). La revolución industrial, los gases emitidos por las actividades industriales, el CO₂ y el metano contribuyen al aumento de las temperaturas a nivel global. El aumento de la temperatura conlleva la alteración del equilibrio natural, que puede desembocar en consecuencias desastrosas como el aumento del nivel del mar, inundaciones, tormentas, temperaturas extremas y sequías (Canarias, 2022).

Aunque exista un consenso a nivel mundial y las organizaciones estén tomando iniciativas contra el cambio climático, este fenómeno todavía no está bajo control. Sin embargo, el aumento de estos fenómenos no ha causado más muertes solo más daños (Organización meteorológica mundial, 2021) y esto ha sido posible gracias a los sistemas de monitorización del clima y sistemas de alerta temprana.

Si bien se esté ejerciendo una acción importante para llevar a cabo los objetivos de reducción de la huella de carbono en los países subdesarrollados, para tomar medidas relevantes son necesarias infraestructuras, recursos económicos y un apoyo gubernamental constante; y no todas las regiones del mundo disponen de ellos. En el 2016, a nivel europeo, se firmó el acuerdo de París con el propósito de reducir la temperatura media mundial en 1,5 grados con respecto a los niveles anteriores a la primera revolución industrial. En 2021, se establece también el reglamento europeo para lograr la neutralidad climática en el 2050; mientras, a nivel español, se ha pactado el Plan nacional integrado de energía y clima y el Plan nacional de adaptación al cambio climático. En línea con este propósito, el archipiélago canario se suma al reto aprobando la declaración de emergencia climática en el 2019.

2.4.2 Proyectos actuales en Canarias

En Canarias el cambio climático puede afectar al impacto de olas de calor, incendios, lluvias torrenciales, etc. y el bienestar de la población. Las islas, debido a su ubicación geográfica, son una de las regiones más frágiles debido a la singularidad de su clima, morfología, y biodiversidad que las caracteriza (Antequera, 2010).

El gobierno de Canarias se plantea, entre los objetivos principales, la reducción de la demanda de energía y “el impulso del autoconsumo, las comunidades locales de energía, la agregación de la demanda, la descentralización de las actividades, la digitalización, la inteligencia artificial y el acoplamiento de los sectores” ... “reivindicando las indicaciones del Pacto Verde de la Unión Europea” y también mencionando que “los datos accesibles e interoperables radican en el centro de la innovación impulsada por los datos”. Estos últimos, combinados con la infraestructura digital (superordenadores, nubes, redes ultrarrápidas) y las soluciones de inteligencia artificial, facilitan las decisiones basadas en datos contrastados y amplían la capacidad de comprender y abordar los retos medioambientales” (El pacto verde europeo, 2019).

Ante el cambio climático, el archipiélago canario se compromete a entrar en un proceso de transformación digital para abordar los problemas relativos y al estudio del clima para poder tomar decisiones inteligentes.

Entre las iniciativas más prometedoras destaca uno de los proyectos de la empresa gubernamental Grafcan, cuyo objetivo es implementar sensores inteligentes para comprender y analizar el clima. En la fase inicial se hizo una memoria sobre todas las infraestructuras de estudio del clima que disponían de sensores (1699 sensores vs 1023 operativos) y se está procediendo a la instalación de nuevos sensores de alta precisión y multi sensores en las áreas estratégicas para aportar la mayor cantidad de información posible para su estudio (Grafcan, s.f.).

2.4.3 Soluciones propuestas

Para tomar medidas resolutivas y soluciones inteligentes, en primer lugar, es necesario obtener la mayor cantidad posible de información sobre estos fenómenos, analizarlos, prevenirlos, reducir los riesgos y responder de la forma más rápida posible ante el desastre (IEEE, 2018). Para obtener esta información se debe recurrir a diferentes fuentes de datos como las imágenes satelitales, las estaciones meteorológicas, los sensores disponibles en cableados y fuentes de organismos oficiales, etc.

Antes de la inteligencia artificial, para la detección del estado del clima, las empresas gubernamentales encargadas de este análisis se apoyaban en los GNSS-RO, sistemas globales de navegación por satélite utilizados para observar la ocultación de señales radio GNSS y su

propagación en la atmósfera. El proceso conlleva el análisis de la señal, cuando esta se oculta se mide una refracción y los datos de temperaturas y presión a través de los cuales es posible analizar el clima. Sin embargo, estas mediciones están sujetas a errores debido a que las áreas urbanas pueden generar interferencias (Gleisner, 2022). Es en estas circunstancias, entra en juego la inteligencia artificial. Los algoritmos de aprendizaje automático se pueden entrenar para la detección del contexto y, por lo tanto, detectar elementos anómalos que afectan a la precisión, mejorando la medición de la señal (Ramirez et al, 2017). A través del análisis de estos datos se pueden elaborar reportes periódicos para identificar anomalías y patrones que puedan ayudar en el estudio de los fenómenos atmosféricos y estudiar las causas de estas. El procesamiento de estos datos puede proporcionar información relativa al avance del calentamiento global y las consecuencias meteorológicas del cambio climático (Oliver, 2022).

Existen diferentes proyectos a nivel europeo enfocado a la mejora de los sistemas de ML para los análisis predictivos y la mejora de los datos a través de las imágenes satelitales (EUMETSAT). Entre los más atractivos podemos nombrar EWC y EUMETNET (Quintero R., 2022). El análisis de los fenómenos atmosféricos y meteorológicos puede ser de vital importancia para luego ser aplicados a diferentes sectores como la agricultura, el turismo y las previsiones de desastres naturales como las inundaciones, las olas de calor, incendios etc.

2.5 Monitorización vulcanológica

2.5.1 Descripción del problema

Unos de los desastres más recientes y con mayor impacto en el ecosistema canario fue la erupción del volcán Cumbre Vieja del 19 de septiembre de 2021. Las consecuencias de esta erupción fueron notables en términos orográficos, de infraestructura, emocionales y económicos. Sin embargo, gracias a los mecanismos de predicción aplicados al estudio de estos fenómenos, los daños fueron controlados y no hubo que lamentar pérdidas humanas. (National Geographic, 2021).



Ilustración 3 Erupción volcánica en La Palma. (septiembre 2021). Foto de Arturo Rodriguez. National Geographic.

La erupción erosionó el terreno arrastrando cultivos, infraestructuras y propiedades particulares convirtiendo los terrenos en superficies abruptas, reacias a los cultivos o a cualquier tipo de vida animal o vegetal. Según los expertos, este terreno podrá ser cuna para la vida solo dentro de 3000 o 4000 años (National Geographic, 2022).

El malpaís generado por la colada puede generar también plagas de especies inhóspitas que amenacen el ecosistema natural. Devastadoras fueron también las consecuencias provocadas por las cenizas, a nivel de visibilidad aeroportuaria y en los seres humanos a nivel respiratorio, ya que las partículas de estas pueden ser muy invasivas (Gobierno de Canarias, 2021). Afortunadamente, el nivel de acidez de las lluvias, provocadas por la erupción se mantuvo bajo, y no fue dañino durante la última erupción. La calidad de aire también se mantuvo en los niveles recomendados por los expertos. Sin embargo, la llegada al mar de la colada puede perjudicar la biología marina y afectar a sus especies, así como alimentar la proliferación de algas (National Geographic, 2021).

2.5.2 Proyectos actuales en Canarias

La mitigación de los fenómenos vulcanológicos de los últimos tiempos ha sido posible gracias a la información del sistema de monitorización en combinación con satélites ópticos, sensores de vigilancia y satélites radar (Sanchez, 2022) interpretada por la inteligencia artificial.

El programa Copernicus⁷ jugó un papel fundamental para la detección del mismo. Este programa europeo dispone de un servicio de emergencia (Copernicus EMS) que proporciona información geoespacial a través de las imágenes proporcionadas por el satélite Sentinel⁸ o por dispositivos implementados localmente. Tras numerosos fenómenos sísmicos que ocurrieron la primera semana de septiembre, los expertos de Involcan⁹ (Instituto vulcanológico de Canarias) se dedicaron a estudiarlos. Desde diferentes tipos de satélites ópticos, de vigilancia atmosférica y radares fue posible detectar como la isla iba tomando altura formando un cono volcánico (Gobierno de Canarias, 2021). La IA que estudia las imágenes obtenidas por satélites tienen la capacidad de medir la deformación del terreno y controlar cualquier evolución de este. Épica también fue la acción de drones que permitieron asomarse a las profundidades de los cráteres del volcán, hasta a 200 metros de distancia de la fuente de lava (Canariasahora, 2021). También se implementaron sensores de gas y dióxido de azufre en estaciones geoquímicas del ITER. La inteligencia artificial fue capaz de analizar esta información de una forma muy rápida y eficiente (National Geographic, 2021).

2.5.3 Soluciones propuestas

La vigilancia de la actividad volcánica de España es llevada a cabo por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y por el servicio de protección civil SEPRONA, que se encarga de su inmediata

⁷ European Commission. *Emergency Management Service - Mapping COPERNICUS*. Copernicus es un programa europeo para la observación y la monitorización terrestre. Se apoya en los satélites Sentinel para proveer información actualizada sobre la tierra.

⁸ Los satélites Sentinel proporcionan información en tiempo casi real para la predicción climática y oceánica. Se trata de dos satélites idénticos (Sentinel 3A y Sentinel 3B) que orbitan en una configuración óptima para la cobertura global.

⁹ Centro Nacional de Vulcanología o Instituto Vulcanológico de Canarias (INVOLCAN) es una organización aprobada por el Senado (02/11/2005), el Parlamento de Canarias (11/01/2006) y el Congreso de los Diputados (02/12/2009) que tiene como objetivo contribuir a la mejora de la gestión del riesgo volcánico en España (Canarias).

intervención. El sistema de inteligencia artificial actualmente está muy avanzado ya que ha podido alertar de forma temprana la actividad volcánica del Cumbre Vieja en el 2021 evitando la muerte de personas y limitando los daños. Sin embargo, es posible mejorar la monitorización a través del fortalecimiento de las capacidades de I+D+i y la implementación de nuevos sensores más sofisticados y de mayor precisión para mejorar la vigilancia de estos fenómenos y la respuesta a ellos (Involcan, 2021) y promoviendo un análisis del suelo desde los satélites para el entrenamiento confiable de los algoritmos (Carniel & Guzman, 2020).

2.6 La mitigación de los incendios

2.6.1 Descripción del problema

Otro fenómeno muy común en canarias, sobre todo a raíz de olas de calor, son los incendios. El primer sistema de detección de incendios fue una imagen satelital de alta resolución capturada por el satélite NOAA-6 en 1980 por los científicos Matson y Dozier que se dieron cuenta de que los puntos brillantes de la imagen correspondían con un incendio. A partir de ese momento la NASA, a través de MODIS ¹⁰, empezó a analizar estos fenómenos y a implementar sistemas de alertas temprana en los satélites (Osbo Digital).

Sin embargo, no todos los satélites disponen de una alerta para los incendios y no pueden proporcionar información en tiempo real, ya que el tiempo que el satélite necesite para volver a pasar por la zona interesada puede llevar muchos días. Canarias, en el 2021, tuvo aproximadamente el 11% de la superficie boscosa y casi el 4% de la superficie forestal arrasada por incendios, concentrados en su mayoría en la isla de La Palma (los Llanos de Aridane y El Paso). El mes más afectado por los incendios como se puede intuir fue el mes de agosto (ISTAC 2000-2015).

Gran Canaria se ha movilizado para frenar el impacto de los incendios y prevenir su propagación, implementado, en colaboración con Indra, el sistema más potente en Europa para la vigilancia forestal y la detección de incendios. El sistema Faedo de Indra (Press reléase Indra, 2021), basado en inteligencia artificial, es capaz de monitorizar más de 1000 kilómetros cuadrados de superficie a través de cámaras y sensores térmicos colocados en las estaciones meteorológicas y permiten obtener imágenes en tiempo real. Los sistemas de inteligencia artificial reelaboran las imágenes detectando cualquier tipo de anomalía (humo, fuente de calor, llamas etc.) vigilando los potenciales incendios las 24 horas y con un porcentaje de falsos positivos muy bajo.

¹⁰ Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) es una herramienta científica en la órbita terrestre, que fue lanzada por la NASA en 1999 a bordo del satélite Terra (EOS AM) y en 2002 a bordo del satélite Aqua.



Ilustración 4. Concentración de dióxido de carbono. (6 octubre 2021). Volcán Cumbre Vieja. Imagen capturada desde el satélite Copernicus Sentinel-5P.

El sistema está integrado con el control de incidencias del Centro de Coordinación Operativa Insular, que analiza todas las condiciones meteorológicas que puedan afectar a la propagación del fuego. También está integrado con el proyecto Alertagran¹¹, de la Iniciativa Gran Canaria Inteligente, para mejorar la prevención de incendios y la respuesta de los servicios de atención ciudadana. Esta solución tiene mucho potencial, no solo por su capacidad de monitorización, sino también por estar acompañada de un sistema de extinción de incendios.

2.6.3 Soluciones propuestas

El sistema FAEDO, cuenta con mucho potencial y grandes capacidades. Esta tecnología se podría potenciar con la introducción de drones, que puedan acceder a las áreas remotas para la monitorización y también proporcionar soporte y sistemas de extinción en lugares de difícil acceso. Estas tienen límites de resolución y de perímetro, por otro lado, los satélites geoestacionarios abarcan mayores áreas, tienen la misma velocidad angular de la tierra y pueden controlar hasta un 40% de la superficie terrestre. Sin embargo, podríamos considerar estos sistemas de los más innovadores, a diferencia de otros en el mercado como, por ejemplo, el modelo de AWS Fightfighter, que propone soluciones de monitorización, pero no de extinción (Amazon Web Service, 2021). FAEDO realiza diferentes actividades de prevención (índices de riesgo de incendios e información meteorológica local, detección a más de 15 km en menos de 3 minutos, localización precisa) y extinción (seguimiento del frente del fuego sobre el GIS 3D, posicionamiento de los medios de extinción) mientras los modelos de AWS solo ofrecen las primeras dos soluciones. Para concluir, podemos afirmar que Canarias, actualmente, tiene uno de los sistemas más completos para el alertado temprano de incendios y su extinción (Indra, 2021).

¹¹ Alertagran es uno de los proyectos lanzados en Gran Canaria con el objetivo de incorporar herramientas de última tecnología para agilizarla gestión de los servicios públicos.



Ilustración 5. Mapa Grafcan. Zona con alto riesgo de incendio en Canarias.

2.7 Conclusiones y proyectos propuestos

A continuación, se propone una tabla resumen de todos los proyectos activos actualmente en Canarias y proyectos activos en otras regiones autónomas que puedan servir de ejemplo para su implementación para la resolución del problema.

Este resumen descriptivo quiere ofrecer la comprensión de las posibilidades que ofrece la inteligencia artificial como herramienta para enfrentar de una forma ágil y rápida los problemas ante los cuales se enfrenta el archipiélago y que preocupan a la población.

Es bueno recordar que el análisis de los proyectos a implementar o a mejorar es el resultado de la investigación del autor y se limita a su percepción.

Área	Acción para realizar	Proyectos activos en Canarias	Soluciones propuestas
1. Estudio del relieve	<ul style="list-style-type: none"> Utilizar imágenes satelitales para el estudio del territorio y tomar acciones para la conservación de este, su flora y su fauna en riesgo de extinción por la presión sobre el territorio 	<ul style="list-style-type: none"> GRAFCAN ya tiene desarrollado un proyecto para el estudio de imágenes satelitales del territorio y su análisis. Se trata de utilizar esta herramienta con el fin de estudiar los cambios del 	<ul style="list-style-type: none"> Tecnología CAPTAIN: de entrenamiento de algoritmo por aprendizaje por refuerzo para rastrear los cambios en la biodiversidad y hábitats (mortalidad, presión antropogénica y

Un estudio aplicado al archipiélago canario.

	<ul style="list-style-type: none"> Utilizar la IA para optimizar la conservación del territorio a través del aprendizaje por refuerzo en una esfera temporal para poder hacer predicciones 	<p>territorio e identificar áreas que deben ser protegidas</p>	<p>clima). Estos modelos se usan de forma comparativa con datos empíricos con el fin de encontrar incoherencias.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> Involucración de la ciudadanía para relevo de fotos e imágenes in situ que puedan ayudar el estudio del territorio 	<ul style="list-style-type: none"> N/A. 	<ul style="list-style-type: none"> LandSense: Apoyo en el proyecto europeo para que cualquier ciudadano pueda relevar datos in situ sobre las condiciones terrestres que respaldarán las imágenes satelitales de Copernicus con el fin de tomar decisiones inteligentes sobre los estos.
<p>2. Gestión de residuos</p>	<ul style="list-style-type: none"> Utilizar las imágenes satelitales y su procesamiento a través de la IA para identificar vertederos ilegales y áreas críticas. Una vez identificada las zonas críticas lanzar iniciativas para su saneamiento y desplazamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> GRAFCAN, ya ha lanzado estos proyectos para el aprovechamiento de ortofotos y sistemas de IA ya implantados. 	<ul style="list-style-type: none"> Aprovechamiento de los datos y de los sistemas actuales de GRAFCAN para seguir avanzando en este campo.
	<ul style="list-style-type: none"> Implementación de sensores en los contenedores con el fin de 	<ul style="list-style-type: none"> N/A 	<ul style="list-style-type: none"> Aplicación del modelo de Smartwaste: este proyecto ya ha sido lanzado en

	<p>obtener información sobre el llenado de los mismos con el fin de optimizar la gestión de los recursos (camiones, barrenderos etc).</p>		<p>alguna comunidad autónoma por Ecoembes</p>
	<ul style="list-style-type: none"> – Implementación de sensores en los contenedores con el fin de obtener información sobre los desechos y poder tomar medidas de reciclaje apropiadas. Monitorización de materiales peligrosos para el medioambiente como el plástico. Se puede obtener información relativa al peso y características de los residuos con el fin de obtener estadísticas. 	<ul style="list-style-type: none"> – N/A 	<ul style="list-style-type: none"> – Eco-IoT es un proyecto basado en IoT que tiene como objetivo servirse de contenedores inteligentes para la detección de plástico, cartón, vidrio y metal. – Circ4Life (2018) aplicando sensores inteligentes a los contenedores para la recogida de aparatos electrónicos y analiza el comportamiento del usuario a través del análisis de los datos.
<p>3. Predicción del clima y prevención de desastres</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Implementación de sensores inteligentes en estaciones meteorológicas para la recolección de datos. Una vez obtenidos los datos aplicar sistemas de IA 	<ul style="list-style-type: none"> – En Canarias Grafcán está implementando varios sensores para que la validez de los datos sea más precisa. 	<ul style="list-style-type: none"> – Mejora de los sensores (precisión y distribución).

Un estudio aplicado al archipiélago canario.

	<p>para detectar patrones y anomalías, así como su evolución.</p>		
	<p>Utilizar imágenes satelitales, drones, cableado y (Copernicus y Sentinel) para el análisis geoespacial del territorio y detectar anomalías que puedan predecir la presencia de un fenómeno natural. El análisis histórico permite detectar la evolución y prever potenciales cambios.</p>		
	<p>Implementación de sistema de vigilancia forestal (cámaras, sensores térmicos etc.) dotado de inteligencia artificial y activo permanentemente para la anticipación e identificación de la propagación de los incendios.</p>	<p>Implementación del sistema en todo el archipiélago. FAEDO (Indra, Gobierno de Canaria).</p>	<p>N/A</p> <p>El sistema FAEDO es una solución particularmente innovadora porque incluye no solo un sistema de monitorización sino también un sistema de extinción mientras que Firefighters de AWS no tiene. Sin embargo, se podría complementar su acción de monitorización con drones de alta resolución y con acceso a áreas remotas para trasportar sistemas de extinción de incendios.</p>

Tabla 4. Resumen de las soluciones propuestas y de los proyectos actuales en Canarias. Elaboración propia.

3. El papel de la IA en el cumplimiento del objetivo de desarrollos sostenibles.

En los capítulos anteriores, se ha analizado como la inteligencia artificial puede ser útil para resolver los problemas de impacto medioambiental y social derivados y acentuados por el cambio climático que afectan a la población del archipiélago canario.

Sin embargo, el potencial de la IA no solo abarca la resolución de problemas de determinadas regiones, sino problemas relacionados con el medioambiente que afectan a la población mundial. Esta herramienta puede ser utilizada para acelerar la resolución de objetivos de desarrollo sostenibles a gran escala (Naciones Unidas, 2015).

Los objetivos de desarrollo sostenible son una clasificación de los problemas más graves y urgentes a nivel mundial. Fueron establecidos por las Naciones Unidas en el 2015 con el fin de establecer un plan urgente para su resolución.

Los objetivos son los siguientes:

1. Fin de la pobreza
2. Fin del hambre
3. Vida sana
4. Educación inclusiva, equitativa y de calidad
5. Igualdad entre géneros y empoderamiento de mujeres y niñas
6. Garantizar la disponibilidad de agua y su saneamiento
7. Acceso a una energía asequible, segura y sostenible
8. Promover el crecimiento económico sostenido y el trabajo decente para todos
9. Construir infraestructuras resilientes y fomentar la innovación
10. Reducir la desigualdad en y entre los países
- 11. Lograr ciudades y comunidades sostenibles**
- 12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles**
- 13. Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos**
14. Conservar océanos, mares y recursos marinos
- 15. Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres**
16. Promover la paz, la justicia y las instituciones sólidas
17. Fortalecer la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible

Si bien no sea materia de estudio de este trabajo, cabe mencionar que existen teorías de que la

Inteligencia artificial no solo puede tener un impacto positivo sobre el desarrollo de los objetivos sostenibles sino también negativo.

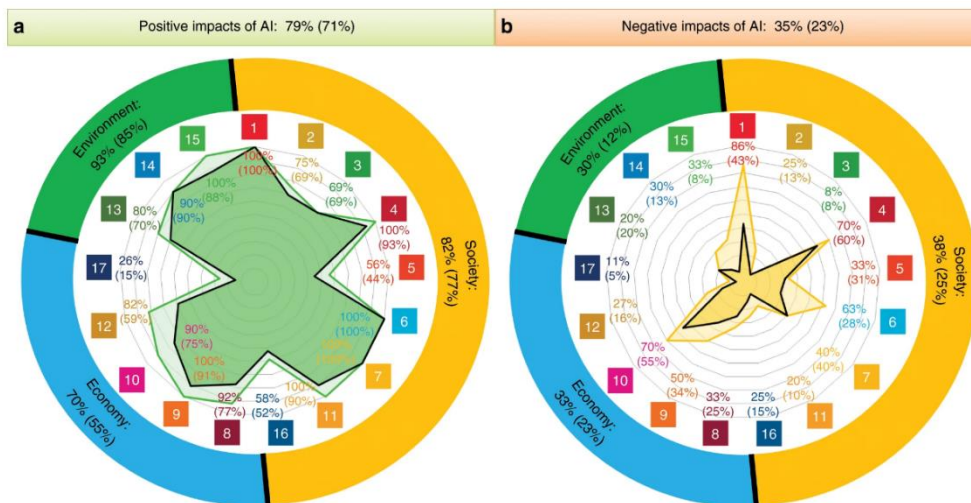


Ilustración 6. Vinuesa R. (2020) Evidencia documentada del potencial de la IA (a) un habilitador o (b) un inhibidor en cada uno de los ODS. Los números dentro de los cuadrados de colores representan cada uno de los ODS (consulte los Datos complementarios 1). Los porcentajes en la parte superior indican 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 correspondientes a los tres grupos principales, a saber, Sociedad, Economía y Medio Ambiente, también se muestran en el círculo exterior de la figura. Los resultados obtenidos cuando se tiene en cuenta el tipo de evidencia se muestran por el área interior sombreada y los valores entre paréntesis.

Según estos estudios si la sociedad empezase a utilizar la inteligencia artificial como medio para la edificación de ciudades inteligentes, redes inteligentes, finanzas, detección de desastres, etc. se terminaría desarrollando una sociedad integralmente dependiente de esta tecnología y sujeta a brechas de seguridad o potenciales fallos de los automatismos. (Vinuesa R. (2020))

En esta ocasión examinaremos los objetivos relacionados con los problemas que afectan a Canarias desde el punto de vista medioambiental, ofreciendo las soluciones que la IA puede aportar.

3.1 Inteligencia artificial para la resolución de objetivos sostenibles relacionados con el medioambiente

En este apartado se resumirá brevemente como la inteligencia artificial pueda contribuir en la resolución de los problemas medioambiental.

Esta herramienta puede ser útil para acelerar la resolución de objetivos sostenibles relacionados con el medioambiente, como la conversión de las ciudades en áreas sostenibles (ODS 11), garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles (ODS 12) adoptar medidas contra

el cambio climático (ODS 13) Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres (ODS 15).

3.1.1 Lograr ciudades y comunidades sostenibles

La sobrepoblación de las áreas urbanas es un problema global, aunque en Canarias este factor es alarmante (Canarias 7, 2021). A nivel mundial la expectativa de vida ha ido creciendo exponencialmente y el progreso de la sociedad ha dado origen a flujos migratorios desde las zonas rurales a las ciudades. Las ventajas garantizadas por el confort de las grandes ciudades, como la cercanía de los servicios, tiene grandes consecuencias medioambientales. El instituto canario ISTAC identifica seis grandes centros urbanos en Canarias: Las Palmas de Gran Canaria, Vecindario y Telde en Gran Canaria; en Tenerife se identifican en las conurbaciones de Santa Cruz de Tenerife-San Cristóbal de La Laguna y de Puerto de la Cruz-Los Realejos; y finalmente en Lanzarote encontramos el centro urbano en Arrecife (ISTAC 2022). La aglomeración de la población reunida en pequeñas áreas genera también una concentración de aire contaminado, acumulación de residuos o falta de flora, fundamental para nuestra supervivencia. (Portal de datos sobre la migración, 2022). La creación de ciudades sostenibles para la monitorización de las actividades y el control de la polución a través de la inteligencia artificial, la contaminación acústica y lumínica, puede mejorar la forma de vivir de los ciudadanos pero sobre todo controlar el impacto generado por la acción humana hacia el medioambiente (Astobiza, 2021).

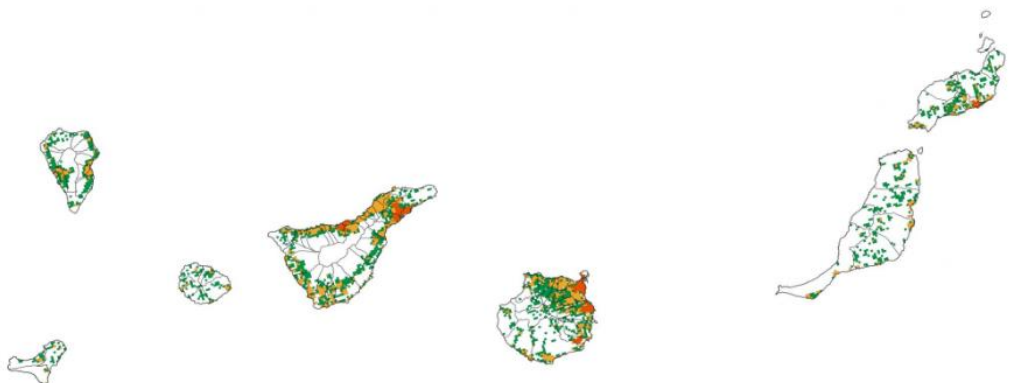


Ilustración 7. Grado de urbanización en Canarias. Fuente: Gobierno de Canarias. (19 diciembre 2022)

3.1.2 Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles

Los sistemas inteligentes pueden controlar el consumo y producción sostenible para ayudar a predecir la volumetría y la tipología de desechos que se determinan en un área particular, así como el impacto ambiental que pueda generar la acumulación de estos desechos (Comisión Europea, 2017). La ventaja principal para los organismos de recogida es el alertado en tiempo real que permite detectar todos los desplazamientos y el flujo de los residuos.

Los sistemas pueden procesar la información proporcionada por los sensores atmosféricos para analizar la evolución del cambio climático y sus consecuencias. A través de la información proporcionada por sensores e imágenes satelitales, la IA puede identificar las áreas más susceptibles al cambio climático y con mayor producción de gases de efecto invernadero, haciendo predicciones futuras de como esos valores puedan ir incrementando o decreciendo y tomar medidas según los mismos (Observaciones de inteligencia artificial, 2022). Esto permitiría focalizar las medidas correctivas en las áreas con más riesgo. La inteligencia artificial tras el procesamiento de los datos es capaz de analizar el nivel de contaminación, la energía consumida en diferentes entornos y fuentes de emisión. Puede realizar la identificación de los factores que causan más producción de gas y encontrar la forma de sustituirlos. Por ejemplo, se podría detectar cual es el medio de transporte que causa más emisiones de gases de efecto invernadero y encontrar alternativas a su uso. Si la inteligencia artificial, sobre la base de los sensores a su disposición, detectase que en una determinada área la producción de CO₂ es mayor por las mañanas, debido a desplazamientos de los usuarios de una ubicación a otra, se podría plantear la introducción de una línea de transporte público en los horarios más concurridos para evitar el embotellamiento y la emisión de CO₂ a esa determinada hora (Trinh, 2019).

3.1.3 Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos

La generación de basura, el uso del coche, el consumo energético, etc. tienen un gran impacto también en la producción de los gases de efecto invernadero y, en consecuencia, en el calentamiento global (Bulege, 2013). Por esta razón, es importante poner en marcha medidas para la construcción de ciudades y comunidades sostenibles empezando por la organización y la distribución de los recursos de la ciudadanía. La inteligencia artificial y los algoritmos entrenados pueden detectar las áreas más afectadas por la contaminación, desplazando los factores más contaminantes en otras áreas o tomar medidas para eliminarlos cuando sea necesario. Los sistemas pueden monitorear y controlar las rutas del tráfico, analizar la información para el uso del medio de transporte público y la mejora de dichas rutas. Elaboran los datos en imágenes satelitales, sensores, cámaras, etc. sobre la congestión de tráfico y sugieren rutas alternativas en tiempo real. El recalentamiento urbano, provocado por las infraestructuras viales y en constante aumento (Canarias7, 2022) puede ser monitorizado en tiempo real a través de sensores de detección del calor o cámaras térmicas, para que luego esta información sea procesada por los algoritmos e interpretada para tomar decisiones constructivas sobre los datos analizados (Chui, 2018).

3.1.4 Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres

La acción humana sobre el medioambiente desde la primera revolución industrial ha sido devastadora. Los seres humanos se han aprovechado de los recursos del planeta de forma continua, ignorando las consecuencias, hasta que fenómenos asociados al cambio climático y la indisponibilidad de recursos han empezado a presentar sus primeras consecuencias en la vida de los ecosistemas terrestres (Greenpeace, 2021). El planeta ha sufrido un proceso de deforestación, agricultura intensiva, contaminación de las aguas, el aire y el suelo provocadas por los medios de transporte y la industrialización, causando un impacto irreversible en la biodiversidad de este. La inteligencia artificial puede ser el factor desencadenante que haga reversible ese impacto devastador de la acción humana, analizando los datos satelitales y la información extraída de los sensores para identificar áreas de riesgo y factores que perjudiquen a la naturaleza y los diferentes hábitats. Otra aplicación es la alerta temprana de incendios, inundaciones, y cambios en el ecosistema que puedan afectar al equilibrio de la naturaleza, como hemos visto en particular modo en el archipiélago canario.

3.2 Agenda Canaria 2030

En Canarias, la prioridad actual de actuación del gobierno, en lo que concierne a la protección del planeta, es impulsar las medidas frente al cambio climático, suministrar energía limpia, asequible y segura, fomentar la economía circular, el uso eficiente de la energía, la eliminación de las sustancias tóxicas, la preservación del medioambiente y la biodiversidad y la gestión integrada del territorio (Gobierno de Canarias).

Todos estos objetivos están planteados en la agenda canaria 2030, con el fin de aplicar medidas para el desarrollo sostenible de Canarias. En esta se habla de fomentar la “incorporación de tecnologías disruptivas – especialmente en el ámbito del Big Data o Inteligencia artificial” (Agenda Canaria 2030) con el fin de erradicar la pobreza y para afrontar las debilidades del marco institucional (corrupción, evasión fiscal y fraude), sin embargo, no se menciona la aplicación de inteligencia artificial para el cumplimiento de los demás objetivos, como la sostenibilidad ambiental.

Entre los objetivos, destaca garantizar la conservación y la recuperación de los ecosistemas y este puede ser cubierto a través de la monitorización del ecosistema, haciendo uso de tecnologías CAPTAIN y el análisis de ortofotos, para identificar las zonas de riesgo que se han propuesto con el objetivo de la conservar el territorio. La mejora de la salud de los ecosistemas puede garantizarse mediante la implementación de sistemas de control de incendios y de zonas de riesgo y así facilitar al personal forestal el cuidado de los ambientes. Luchar contra la desertificación a través de la detección de las áreas de riesgo y su análisis.

La inteligencia artificial puede ser una herramienta preciosa para alcanzar los objetivos de desarrollo sostenibles ambientales en Canarias, en contribuir en la identificación de áreas para la conservación y optimizar los procesos de análisis de datos.

4. Estrategia y validez de la propuesta

4.1 DAFO y análisis MECA

Para establecer la validez de los proyectos planteados a continuación analizaremos las oportunidades, fortalezas, amenazas y debilidades del lanzamiento de proyectos de inteligencia artificial a nivel gubernamental a través de un DAFO y un análisis MECA basados en este. En este apartado se analiza, desde un punto de vista interno, las fortalezas y las debilidades de esta tecnología para alcanzar los objetivos de mejora del territorio y el ambiente y, al mismo tiempo, un análisis externo de las oportunidades y amenazas que puede generar el uso y la difusión de esta tecnología. Se acompaña este análisis con las acciones a tomar para mantener y optimizar las fortalezas, corregir las debilidades, explotar las oportunidades y afrontar las amenazas a través de un análisis MECA basado en el DAFO inicial. Se analizarán con más profundidad las amenazas y las debilidades, ya que las fortalezas y las oportunidades de esta herramienta se han desarrollado y profundizado a lo largo de este trabajo.

• FORTALEZAS Y ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO

La implementación de la inteligencia artificial tiene un gran potencial para identificar, analizar y monitorizar el territorio y procesar datos ambientales y atmosféricos del planeta para realizar predicciones.

Su adopción permite suprimir los análisis repetitivos realizado por los seres humanos sin valor añadido, aumentando la capacidad de procesamiento y aumentando la precisión de cálculo.

El procesamiento de datos de cientos de GB de imágenes satelitales capturadas en un día requeriría de un trabajo hercúleo, mientras la inteligencia artificial puede procesar estas imágenes en horas o incluso minutos. Es importante aprovechar esta velocidad en la ejecución para poder hacer análisis predictivos. Los datos capturados por los sensores ubicados en un bosque podrían detectar con antelación la propagación de un incendio y alertar los órganos competentes del mismo, con tal de prevenirlo y extinguirlo. Reasignar estas tareas de análisis a sistemas inteligentes reduce el margen de error del ser humano, cuya capacidad de procesamiento y cálculo es inferior a estos sistemas. La IA es capaz de trabajar de forma continuada y de realizar diferentes análisis simultáneamente.

• OPORTUNIDADES Y ESTRATEGIAS DE EXPLOTACIÓN

Si el potencial de la IA se aprovechara en organismos y organizaciones públicas, se puede utilizar esta herramienta para prevenir desastres naturales, alertar a los organismos competentes y aplicar medidas de mejora para la prevención de problemas medioambientales provocados por la incorrecta gestión de los residuos o la sobreexplotación de áreas y ecosistemas naturales. También es aplicable para monitorizar el clima, hacer seguimiento sobre el cambio climático y

verificar si las medidas que actualmente se están tomando contra el este (vehículos sostenibles, iniciativas de la reducción de la huella energética a través de energía renovable y tomando medidas de reforestación son válidas. Este trabajo quiere ser un llamamiento a las oportunidades que puede generar la implementación de la inteligencia artificial en el sector público y que las regiones autónomas de España puedan tomar ejemplo de los proyectos que ya se han llevado a cabo para una estandarización y difusión de buenas prácticas medioambientales en todo el país.

• DEBILIDADES Y ESTRATEGIAS DE CORRECIÓN

Europa se encuentra en dificultades en la búsqueda de personal especializado en Inteligencia Artificial (RRHH digital, 2022) y esta situación ralentiza la implementación de proyectos tecnológicos avanzados para el relevo de datos e implementación de sistemas inteligentes. Con el fin de conservar el bienestar y el territorio, es importante el lanzamiento de financiaciones que fomenten y permitan la formación tecnológica en esta herramienta, incentivando al personal del sector público involucrado en el cuidado medioambiental al conocimiento de esta herramienta. De la misma forma, potenciar en las universidades este tipo de carrera para el desarrollo formativo de los estudiantes de tecnologías de la información en estas ramas. La inversión inicial de los costes de infraestructura puede ser muy elevada, por esta razón, es muy importante poder recurrir a financiaciones privadas y tomar medidas de análisis del retorno de la inversión (ROI) no solo a nivel financiero, sino también en términos de coste de mantenimiento de la tecnología y evaluar los beneficios.

Otra debilidad de esta herramienta es su dependencia de datos de calidad. Si no se dispone de las fuentes adecuadas para capturar los datos con la volumetría y calidad necesaria para un procesamiento óptimo disponer de la herramienta no será de utilidad, ya que los resultados de obtenidos no serán precisos y, por lo tanto, veraces. Para resolver este problema es importante dotarse de los medios necesarios para la captura de datos: sensores, cámaras e imágenes satelitales con la calidad adecuada para su análisis. Si el fin de nuestro análisis es la predicción del clima, por ejemplo, será necesario disponer de sensores ubicados en determinadas áreas y con determinadas características de sensibilidad, medida y precisión para el examen de diferentes factores: humedad, temperatura, intensidad del viento, presión etc.

Otro problema de esta herramienta se puede identificar en su falta de transparencia, el público inexperto puede llegar a desconfiar o considerarla una amenaza, ya que existe una creencia general en que esta herramienta pueda llegar a reemplazar complemente al ser humanos.

• AMENAZAS y ESTRATEGIAS DE ENFRENTAMIENTO

Actualmente esta tecnología no puede reemplazar a los seres humanos, son herramientas que ayudan a mejorar la realización de determinadas actividades, pero no tienen las características sensoriales, emocionales, empáticas, y creativas que tienen los seres humanos. Adicionalmente, este conjunto de técnicas depende directamente de los datos que se le han proporcionado. Sin los datos y el entrenamiento de los algoritmos que se alimentan de ellos no funciona. Este rechazo se puede mitigar a través formaciones y campañas de concienciación sobre su uso, que también es el objetivo principal de este trabajo. Mucha controversia sobre el uso de la inteligencia artificial la genera el alto dispendio energético de los algoritmos de entramiento, que tienen un alto impacto en la huella de carbono. De poco

sirve tener a disposición una herramienta que ayude a preservar el medioambiente si el uso de ella conlleva más problemas medioambientales, debido a que consume mucha energía. La aplicación del lenguaje profundo también tiene un impacto muy importante sobre la huella del carbono. Los gastos energéticos del entrenamiento de los algoritmos aumentan proporcionalmente cuantos más ajustes para buscar el modelo más preciso. El entrenamiento más costoso puede llegar a tener 1400 libras de carbono que correspondería a un vuelo transamericano ida y vuelta para una persona. (Hao, 2019). Al procesar una gran cantidad de datos, la IA necesita servidores que consumen una gran cantidad de energía para mantener una temperatura ideal en los data centers. Por estas razones, nace la discusión de si, efectivamente, merece la pena utilizar un sistema tan costoso e impactante a nivel ambiental para la conservación del propio medio ambiente.

A favor de la IA, Google ya ha tomado sus iniciativas para frenar su impacto en el medioambiente, desarrollando Deepmind, una inteligencia que es capaz de refrigerar autónomamente los data centers según sus necesidades, ahorrando así en gasto energético y reduciendo las emisiones de CO2 (Gamble & Gao, 2018). Se crea una inteligencia artificial que preserva el ambiente por sí misma, un poco imitando el intento de los seres humanos con las iniciativas del cambio climático. Esta vez, los individuos pueden proporcionar ese conocimiento y esa “conciencia” a los sistemas inteligentes para que, a través de ocho mecanismos, el sistema detecte y aproveche los recursos naturales para ahorrar energía. Se analizan los datos y las condiciones de refrigeración a través de los sensores, estos son recibidos por las redes neurales que, mediante el uso de diferentes combinaciones y algoritmos, devuelven un resultado sobre los potenciales comportamientos, identificando las medidas que hay que llevar a cabo para que esos comportamientos no conlleven un gasto de energía elevado. Estos mecanismos se envían al centro de datos que analiza eventuales problemas de seguridad y, una vez aprobado el test, pasan a ser implementados. Los agentes de IA son capaces de aprovechar las condiciones de agua fría en invierno y utilizarla para ahorrar en términos energéticos. Este sistema aplicado a nivel industrial podría suponer ahorros exorbitantes (Deepmind, 2018). Este modelo, aunque más costoso podría ser una alternativa sostenible a los sistemas tradicionales.

DAFO	MECA
FORTALEZAS	ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO
<ul style="list-style-type: none"> - La implementación de esta tecnología permite la automatización de los procesos repetitivos - El personal contratado para el análisis puede concentrarse en actividades que requieran profundización - Mayor precisión y porcentaje de acierto en la toma de decisiones frente a fenómenos atmosféricos, vulcanológicos, control de territorio etc. - Elaboración de volumetrías de datos muy amplias en tiempos muy cortos (imágenes satelitales, datos extraídos por sensores atmosféricos etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> - Inversión en herramientas de inteligencia artificial - Inversión en contratación de personal especializado - Inversión en sensores y IoT para la extracción de los datos - Asociaciones a nivel Europeo y mundial para el acceso a datos satelitales (apoyo en el plan de recuperación, transformación y resiliencia).

<ul style="list-style-type: none"> – Rapidez a la hora de brindar las soluciones y respuesta temprana frente a desastres o calamidades. – Capacidad de trabajar de forma continuada para el alertado de incendios, inundaciones, fenómenos vulcanológicos. – Capacidad de realizar diferentes análisis simultáneamente (aire, suelo, aguas etc.) – Precisión en el análisis de un alto volumen de datos 	
OPORTUNIDADES	EXPLOTACIÓN DE LAS OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> – Oportunidad de elaborar proyectos que puedan ser útiles a nivel mundial – Capacidad de responder a alertas y calamidades naturales en tiempos reducidos – Prevención de fenómenos atmosféricos – Conservación y preservación del medioambiente a nivel global – Aceleración en la resolución de los objetivos sostenibles 	<ul style="list-style-type: none"> – Lanzar proyectos que tengan los mismos estándares a gran escala y en todo el archipiélago – Aplicar estos modelos a todas las zonas de alto riesgo – Elaboración de proyectos para el control del cambio climático y sus consecuencias – Exportación de los proyectos a diferentes áreas globales – Apoyo y colaboraciones en proyectos con la Unión Europea
DEBILIDADES	CORRECIÓN DE LAS DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none"> – Inversión inicial elevada – Dependencia de los datos de calidad – Un ajuste incorrecto en la modelización puede llevar a resultados inexactos 	<ul style="list-style-type: none"> – Lanzar financiaciones y analizar el ROI de la inversión a nivel gubernamental – Apoyarse e implementar sensores de calidad para la extracción de datos o apoyarse en organizaciones de alto calado a través de alianzas – Dedicar recursos y tiempos en las primeras fases de implementación y configuración
AMENAZAS	AFRONTAR LAS AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> – Falta de transparencia para legos en la materia y desconfianza en los sistemas de alerta producidos por la IA por parte de la población/personal etc. 	<ul style="list-style-type: none"> – Formar e instruir en como identificar los riesgos y las complicaciones del uso de la IA y al mismo tiempo de sus beneficios (concienciación ciudadanía).

<ul style="list-style-type: none"> - Dificultad en encontrar personal especializado - Los sistemas utilizados de IA y los datos pueden ser usados para fines ilegítimos - Alto Impacto energético en la huella de carbono - Potenciales problemas éticos - Potenciales problemas legales 	<ul style="list-style-type: none"> - Fomentar la formación en este sector en las universidades de Canarias y atraer talento extranjero introduciendo políticas de teletrabajo a nivel gubernamental - Considerar el uso de algoritmos e infraestructura a bajo consumo, aunque a un coste más alto. - Establecer una normativa interna y aplicar las regulaciones existentes sobre su uso pendientes a nivel europeo.
---	--

Tabla 5. Análisis DAFO y MECA. Elaboración propia

4.2 Estrategia y recomendaciones

La implementación de esta tecnología permite minimizar los tiempos de análisis de los datos garantizando la agilización de los procesos y así también un ahorro de recursos económicos a los organismos gubernamentales, en la reducción de los tiempos y desplazar la atención en actividades que requieran profundización como, por ejemplo, el análisis a posteriori. El procesamiento de datos a través de la inteligencia artificial garantiza un porcentaje de acierto mucho mayor en la toma de decisiones frente a fenómenos atmosféricos, vulcanológicos, control de territorio etc. y permite analizar amplias volumetrías de datos (imágenes satelitales, datos extraídos por sensores atmosféricos etc.) en tiempos muy cortos, obteniendo un detalle que no siempre es alcanzable por el ojo humano. La rapidez a la hora de brindar las soluciones puede llegar a salvar vidas humanas y ecosistemas, como hemos visto en el caso de Cumbre Vieja. Estas características hacen de esta herramienta un medio para conservar la flora, la fauna, los ecosistemas y sobre todo garantizan la seguridad de la población frente a desastres naturales.

Si esta herramienta permite aumentar el grado de seguridad y de bienestar de la región, es necesario invertir en ella capacitando a los estudiantes a través de nuevas formaciones relacionadas con estas tecnologías e incorporando personal especializado en los organismos gubernamentales dedicados para este fin. La inversión económica inicial puede ser muy elevada pero es posible apoyarse en financiaciones públicas como se dilucida en el Componente 16 (Estrategia nacional de Inteligencia Artificial) y España Digital 2026 (PERTE) que prevén mecanismos de ayuda económicas y alianzas con el sector privado para programas y proyectos basados en inteligencia artificial. A nivel europeo existen los programas Digital Europe, Horizon Europe y el fondo de recuperación y resiliencia con el objetivo de movilizar las inversiones y los proyectos del sector privado. La comisión europea también se propone invertir en entornos de pruebas para la experimentación de soluciones para el medioambiente y el clima (Comisión Europea,2021).

Es recomendable evaluar el lanzamiento de financiaciones locales para fomentar estos proyectos analizando el ROI de la inversión. Es importante también invertir en sensores de calidad para poder extraer información valiosa. El instituto volcanológico de Canarias, en el 2021, ha invertido en el suministro de cinco estaciones acelerométricas móviles, dos estaciones móviles equipadas con sensores sísmicos rotacionales y cuatro estaciones móviles equipadas con sensores de infrasonido de banda ancha para el fortalecimiento de las capacidades de I+D+I frente a las emergencias volcánicas. Estas medidas se han tomado con el fin de potenciar la capacidad de respuesta temprana de los cuerpos de emergencias, aumentar su eficiencia y monitorizar el impacto durante la actuación (Involcan, 2021).

Fomentar y alimentar la investigación en proyectos de inteligencia artificial no es útil solo a nivel local. Descubrimientos e innovaciones tecnológicas en este campo pueden ser de vital importancia para otras regiones afectadas por los mismos problemas y sus avances pueden ser provechosos a nivel mundial, reduciendo el riesgo de muertes y daños frente a calamidades naturales. La protección de los ecosistemas y el logro de los objetivos sostenibles es una obligación necesaria a escala mundial. Cada descubrimiento y avance debe ser exportado y para esto es necesario activar el desarrollo de alianzas internacionales en este ámbito, impulsadas por organismos gubernamentales y organizaciones de alto calado.

También existe otro problema en lo concerniente a la contratación de personal en este campo, que puede ser complicada. Existe un riesgo real de que no se aprovechen todas las ventajas de esta tecnología debido a la escasez de conocimientos relacionados con la IA en Europa (IBM, 2022). Por ello es importante invertir en el desarrollo y formación para la capacitación del personal en estas tecnologías. Según el estudio de *Addressing the AI Skills Gap in Europe* los conocimientos más apropiados para desarrollar competencias en inteligencia artificial son los relacionados con lenguaje de programación, ingeniería, análisis de datos, desarrollo de software y también poseer softskills para poder avanzar con los proyectos. Es aconsejable no olvidar que estos sistemas activan mecanismos que precisan de muchos datos y los algoritmos requieren un entrenamiento que es costoso a nivel energético y por lo tanto, puede tener un impacto económico y al mismo tiempo ecológico en la huella de carbono. En consecuencia, es recomendable invertir en sistemas más modernos de bajo consumo. Por último, aunque no menos importante, lanzar campañas de concienciación y regularización a través de normativas del uso de esta tecnología para evitar que se utilice como medio para actividades ilegítimas, sea a nivel regional y europeo o internacional.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

A raíz del desconocimiento de la inteligencia artificial detectado por la encuesta de Mozilla a nivel mundial y la dificultad de comprensión de esta tecnología por un público inexperto, se ha ofrecido, a través de este trabajo, una visión de su potencial uso para fines benévolos.

Se han seleccionado los problemas de Canarias que más preocupan a su población y se ha investigado sobre como pueden ser mitigados a través de la inteligencia artificial. La conservación del territorio, amenazada por la incesante edificación, puede ser alimentada a través del análisis de imágenes satelitales y la identificación de áreas de riesgo. De esta forma

tomar medidas contra la sobredificación. También es posible entrenar los algoritmos de aprendizaje por refuerzo (CAPTAIN) para rastrear los cambios a lo largo del tiempo relacionados con la mortalidad, la presión antropogénica y el clima, comparando el entorno ficticio con el real, para encontrar patrones e incongruencias.

La acumulación de residuos, que afecta en particular modo al territorio canario debido a su condición de insularidad, puede ser mitigado a través de la implementación de sensores en los contenedores que puedan identificar el material desechado. La inteligencia artificial actuaría como herramienta analítica para examinar los porcentajes y la identificación de los residuos para tomar medidas de reciclaje de esos materiales. El estudio de los llenados de los contenedores podría ayudar a gestionar las rutas de recogida y, al mismo tiempo, evitar la salida de camiones innecesarios, haciendo el proceso más eficiente.

Modelos potencialmente exitosos que se han tomado como ejemplo son los proyectos Circ4life (a nivel europeo) y Eco-IoT (comunidad valenciana). En Canarias, la empresa gubernamental GRAFCAN ha pensado someter a estudio de inteligencia artificial las ortofotos para la identificación de vertederos ilegales. El inminente cambio climático ha motivado a los organismos gubernamentales a nivel mundial a tomar medidas urgentes para frenarlo. Para el control de estos factores, se pueden utilizar sistemas basados en inteligencia artificial. Esta tecnología puede facilitar el análisis de los cambios de una forma más rápida que los antiguos sistemas de previsión. Esto es alcanzable a través de la provisión de sensores atmosféricos adecuados para la recolección de datos. Para estos análisis se pueden utilizar imágenes satelitales, drones, cámaras térmicas para detectar la evolución de las condiciones atmosféricas y elaborar analíticas e históricos para hacer previsiones en el futuro.

La inteligencia artificial es capaz de analizar estos datos en tiempos mínimos y así alertar sobre fenómenos naturales como lluvias intensas, sequías, olas de calor, maremotos etc. En Canarias ya se está trabajando para disponer de los sensores más potentes para el estudio (Grafcán, 2022) aunque es importante identificar la disposición y localización de estos hacia la obtención de datos válidos.

A nivel de control de incendios, Canarias ya dispone de uno de los sistemas más vanguardistas basando en inteligencia artificial capaz de detectar incendios, extinguirlos y realizar análisis forenses tras su extinción. Este sistema es FAEDO, una creación de la empresa Indra. Este se podría exportar a todo el archipiélago y se potenciarse con la introducción de drones. Actualmente el control se realiza a través de cámaras térmicas.

Para controlar la acción volcánica podemos afirmar que Canarias dispone de uno de los modelos más sofisticados de control basados en inteligencia artificial, ya que durante la última erupción del Cumbre Vieja (LA PALMA, 2021) estos sistemas han sido capaces de alertar tempranamente a los científicos de Involcan y consecuentemente a las autoridades y la población. Estos sistemas limitaron los daños causados a la población y no hubo que lamentar pérdidas humanas. Esta tecnología también puede ser utilizada como medio para alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible propuestos para el año 2030. A nivel medioambiental, puede ser el motor de la creación de ciudades sostenibles y el estudio del comportamiento de los ciudadanos para tomar decisiones inteligentes hacia el control del consumo y el desperdicio energético.

La inteligencia artificial permite conocer el territorio, los fenómenos que los caracterizan y tomar medidas para su conservación. Es un instrumento para limitar pérdidas en términos de vidas humanas, medioambientales y económicas. Invertir en esta tecnología y todas las necesidades de su implementación (personal especializado, sensores de alta precisión, datos de alta calidad

para el entrenamiento de los algoritmos, infraestructura adecuada etc.) garantiza obtener soluciones y respuestas más rápidas que los modelos tradicionales.

Cuando el retraso en la detección de un fenómeno o en la toma de medidas para frenarlo puede cuantificarse en términos de pérdidas de vidas humanas o la salud de nuestro planeta, esa urgencia puede revelarse imprescindible.

5.2 Recomendaciones

Inicialmente, esta tecnología puede ser muy costosa debido a la alta inversión inicial y puede traer complicaciones al contratar personal especializado que pueda gestionar la dirección de estos proyectos a alto nivel en todo el archipiélago.

Sin embargo, se ha podido observar cómo empresas gubernamentales como GRAFCAN, ubicada en Tenerife, ya disponen de las herramientas necesarias para la iniciación de los proyectos, muchos de ellos en un estadio inicial. Esta empresa gubernamental dispone del conocimiento y los medios para obtener los datos que se analizan mediante esta tecnología.

Esta investigación pretende ser un detonante, dirigido a los organismos públicos, para empezar a implementar o ampliar los proyectos de inteligencia artificial. Aprovechando su gran potencial, las soluciones aportadas y sus beneficios en materia ambiental.

El autor espera que a través de este trabajo se hayan podido transmitir los beneficios de estas tecnologías y como pueden ser útiles para las comunidades, en particular la canaria, para frenar el impacto ambiental de las actividades antropogénicas y la prevención de desastres naturales.

El uso de la inteligencia artificial para la resolución de problemas ambientales puede ser muy provechoso para la toma de decisiones en materia de territorio, prevenir y alertar sobre fenómenos naturales, atmosféricos o vulcanológico. Esta tecnología se aprovecha de los datos para encontrar patrones, analizar el histórico o entrenar a los algoritmos de inteligencia artificial en un mismo entorno para realizar predicciones.

Se ha identificado como su mayor reto la dependencia de los datos. Si no se obtienen datos de calidad las conclusiones del análisis no serán oportunas y verídicas. En todos los proyectos planteados el uso del medio más apropiado para la extracción de la información es primordial para realizar análisis concluyentes. En algunos proyectos se ha considerado relevante también fomentar la extracción de datos in situ para mejorar su calidad siempre y cuando sea posible.

La inteligencia artificial puede cambiar nuestra forma de vivir e impulsar un cambio positivo en la sociedad, resolviendo los problemas ambientales más desalentadores y sus consecuencias. “Entonces imagina lo que significaría en vidas salvadas, sufrimiento aliviado y potencial humano desatado si pudiéramos aprovechar la IA para ayudarnos a encontrar soluciones para estos desafíos...” (Microsoft, 2018).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adadi A.& Berrada A M. (agosto 2018). Peeking Inside the Black-Box: A Survey on Explainable Artificial Intelligence (XAI). IEEE Access. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8466590>
- Asociación de periodistas de Santa Cruz de Tenerife. (2019-2020). *Anuario de Canarias*. Disponible en: https://issuu.com/aptenerife/docs/anuario_2019-2020_todo_ok
- Astobiza A. (2021). Inteligencia artificial para el bien común (ai4sg): ia y los objetivos de desarrollo sostenible. ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura. Disponible en: <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/72938/2450-Texto%20del%20art%20c3%adculo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Avila D. G. Marichala N. Padrón I. Quizá R., Hernández A. (2019) *Forecasting of wave energy in Canary Islands based on Artificial Intelligence*. *Applied Ocean Research*. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141118719306522>
- Agarwala N. (enero 2021) *Managing Marine Environmental Pollution using Artificial Intelligence*. *Maritime Technology and Research*.
- Ardoy C. (5 noviembre 2021). *La tecnología se pone al servicio de La Palma*. *Telefónica Empresas*. Disponible en: <https://empresas.blogthinkbig.com/>
- Bulege W. (2013) *Crecimiento demográfico y cambio climático*. *Universidad Continental*. Disponible en: <http://journals.continental.edu.pe/index.php/apuntes/article/view/129>
- Casal J. (mayo 2021). *Inteligencia Artificial y Desarrollo Sostenible*. *Kabel*. <https://www.kabel.es/inteligencia-artificial-y-desarrollo-sostenible/#:~:text=Por%20ejemplo%3A%20%20DeepMind%20de%20Google%20ha%20desarrollado,su%20infraestructura%20global%20con%20energ%C3%ADa%20100%25%20renovable.%20>
- Anil Variath A. (30 noviembre 2018). Utilizing Artificial Intelligence for Environmental Sustainability. *Modern diplomacy*. Disponible en: <https://moderndiplomacy.eu/2018/11/30/utilizing-artificial-intelligence-for-environmental-sustainability/>
- Antequera P.D. (2010). *Catálogo de riesgos climáticos en Canarias: amenazas y vulnerabilidad*. *Meteored*. Disponible en: <https://www.tiempo.com/ram/7438/catlogo-de-riesgos-climticos-en-canarias-amenazas-y-vulnerabilidad/>

Bustosa C., Rhoadsa D., A. Solé-Ribaltá D., Masipa A. Arenasc A., Lapedrizaab J. Borge-Holthoefera., (abril 2021). Explainable, automated urban interventions to improve pedestrian and vehicle safety. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X21000498?via%3Dihub>

Burgi P.-Y., Valade, S., Coppola D., Boudoire G., Mavonga G., Rufino F., and Tedesco D., (2021). Unconventional filling dynamics of a pit crater, EPSL.

Canarias7. (2021). «Canarias tiene un problema de sobrepoblación» <https://www.canarias7.es/politica/canarias-problema-sobrepoblacion-20210415205947-nt.html> Disponible en: <https://www.canarias7.es/politica/canarias-problema-sobrepoblacion-20210415205947-nt.html>

Carniel R., Guzman R., (2020). Machine Learning in Volcanology: A Review. IntechOpen. ResearchGate. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/344842662_Machine_Learning_in_Volcanology_A

Chui K., Lytras M., Visvizi A., (2018). Energy Sustainability in Smart Cities: Artificial Intelligence, Smart Monitoring, and Optimization of Energy Consumption. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1996-1073/11/11/2869>

Comisión Europea. (s.f.) *La inteligencia artificial optimiza la detección de residuos en las plantas de tratamiento*. Cordis. Disponible en: <https://cordis.europa.eu/article/id/415779-ai-technology-optimises-waste-detection-in-treatment-plants/es>

Consejo Insular de la Energía del Cabildo de Gran Canaria a través del Marco del Proyecto MAC-CLIMA. Estudio demoscópico percepción sobre el cambio climático de la población de las Islas Canarias. (Junio-Noviembre 2020). Disponible en: <https://www.energiagrancanaria.com/wp-content/uploads/2021/02/percepcion-del-cambio-climatico-de-la-poblacion-de-la-isla-de-gran-canaria-final.pdf>

Gobierno de Canarias. (2022). *El ISTAC identifica seis grandes centros urbanos en Canarias*. Disponible en: <https://www3.gobiernodecanarias.org/noticias/el-istac-identifica-seis-grandes-centros-urbanos-en-canarias/>

Greenpeace. (s.f.) *Cambio climático*. Disponible en: <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/cambio-climatico/>

De la Puente P. (s.f.) *Inteligencia artificial para conseguir los ODS. Cuaderno sostenibilidad*. Disponible en: <https://telos.fundaciontelefonica.com/wp-content/uploads/2020/04/telos-113-sostenibilidad-planeta-cuaderno-sostenibilidad-paloma-de-la-puente.pdf>

Canariwiki. Gobierno de Canarias. Disponible en: https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/wiki/index.php?title=P%C3%A1gina_principal

García E. *¿Por qué nos preocupamos por el medio ambiente y por qué esta preocupación es tan frágil?* Persona, sociedad y medio ambiente: Perspectivas de la investigación social de la sostenibilidad. Sevilla, Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, 2006, pp. 41-54. Disponible en:

https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Publicaciones_Divulgacion_Y_Noticias/Documentos_Tecnicos/personas_sociedad_y_ma/cap3.pdf

Gamble C., Gao J., (agosto 2018). *IA que prioriza la seguridad para la refrigeración autónoma del centro de datos y el control industrial*. Deepmind. Disponible en: <https://www.deepmind.com/blog/safety-first-ai-for-autonomous-data-centre-cooling-and-industrial-control>

Dymaxion Labs (7 octubre 2021) DETECCIÓN DE BASURALES CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL. <https://storymaps.arcgis.com/stories/c46877961c4642a1be0c4017e5b65e98>

Gleisner, H., Ringer, M.A. & Healy, S.B. *Monitoring global climate change using GNSS radio occultation*. npj Clim Atmos Sci 5, 6 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41612-022-00229-7>

Gobierno de Canarias. (Enero 2022). Estrategia canaria de acción climática versión inicial. Disponible en: https://www.gobiernodecanarias.org/medioambiente/descargas/Cambio_climatico/Informacion-Publica/20220207_BORRADOR_ECAC.pdf

Gobierno de Canarias. (2011). *El turismo en Canarias*. Fundación FYDE-CajaCanarias (Edición). Disponible en: http://www3.gobiernodecanarias.org/aciisi/obidic/files/fyde_el_turismo_en_canarias.pdf

Godoy I. (1995). *El medio natural canario*. Consejería de educación, universidades, cultura y deportes del gobierno de canarias. Dirección general de ordenación e innovación educativa. Disponible en: https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/mediateca/publicaciones/wp-content/uploads/sites/4/2013/10/medio_natural_canario1-1.pdf

Grafcan. Mapas de Canarias. (s.f.). Inteligencia Artificial aplicada al territorio. Disponible en: https://www.grafcan.es/ia_territorial. Cartográfica de Canarias, S.A. Disponible en: https://www.grafcan.es/ia_territorial

Echavarría Garces P.A.: (2019-2020). *Análisis de la influencia del océano en la generación de precipitación horizontal en Gran Canaria, Islas Canarias, España*. Universidad de la Palma de Gran Canaria. Disponible en: https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/74323/2/0767061_00000_0000.pdf

Esmartcity. (16 marzo 2018). *La plataforma Smart Waste lleva IoT y Big Data a la gestión de la recogida y el reciclaje de residuos*. Disponible en: <https://www.esmartcity.es/2018/03/16/plataforma-smart-waste-lleva-iot-big-data-gestion-recogida-reciclaje-residuos>

- Frontiers in Robotics and AI. (noviembre 2022). *Enhanced GNSS-based localization solutions with artificial intelligence*. Frontiers. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/research-topics/31968/enhanced-gnss-based-localization-solutions-with-artificial-intelligence#overview>
- Forbes. (2023). *Applications of Artificial Intelligence Across Various Industries*. Disponible en: <https://www.forbes.com/sites/qai/2023/01/06/applications-of-artificial-intelligence/?sh=525372293be4>
- Fundación Conde del Valle de Salazar E.T.S.I. de Montes. (Universidad Politécnica de Madrid). (2015). *Guía técnica de residuos municipales*. Disponible en: http://femp.femp.es/files/3580-1356-fichero/Guia-Tecnica-Gestion-Residuos-Municipales_Web_Edicion2.pdf
- Hackl C. (18 julio 2020). How 4 Companies Are Using AI To Solve Waste Issues On Earth And In Space. Forbes. Disponible en: <https://www.forbes.com/sites/cathyhackl/2020/07/18/how-4-companies-are-using-ai-to-solve-waste-issues-on-earth--in-space/?sh=27ec076f35fa>
- Hao K. (junio 2019). *Training a single AI model can emit as much carbon as five cars in their lifetimes*. Mit technology Review. <https://www.technologyreview.com/2019/06/06/239031/training-a-single-ai-model-can-emit-as-much-carbon-as-five-cars-in-their-lifetimes/>
- Herrera P., Munera J.J., Arrieta Diana. Análisis del factor de gestión ambiental en la sostenibilidad por medio del uso de redes neuronales autoorganizadas. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6382624>
- IEEE. (2018) La función de inteligencia en la gestión de emergencias y catástrofes. Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional (CESEDEN). Disponible en: https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_trabajo/2018/DIEEET03-2018InteligenciaCastastrofes.pdf
- Joppa L. (23 mayo 2018) *Achievement Unlocked – Nearly 200 million images into a national land cover map in about 10 minutes*. Microsoft. <https://blogs.microsoft.com/green/2018/05/23/achievement-unlocked-nearly-200-million-images-into-a-national-land-cover-map-in-about-10-minutes/>
- Naciones Unidas. (s.f) *17 objetivos para transformar nuestro mundo*. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>
- Minerva. (s.f). Minerva. Disponible en: <https://minervaproject.usal.es/>
- Microsoft. (2018) The future computed. *Artificial intelligence and its role in society*. Published by Microsoft Corporation Redmond, Washington. U.S.A Disponible en: https://blogs.microsoft.com/wp-content/uploads/2018/02/The-Future-Computed_2.8.18.pdf

- Kavlakoglu E. (27 mayo 2020). *Inteligencia artificial frente a aprendizaje automático frente a aprendizaje profundo frente a redes neuronales: ¿cuál es la diferencia?* IBM. <https://www.ibm.com/cloud/blog/ai-vs-machine-learning-vs-deep-learning-vs-neural-networks>
- MingZhuo J. (abril 2020). *Urban Planning Reform Trend Based on Artificial Intelligence*. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/342264120_Urban_Planning_Reform_Trend_Based_on_Artificial_Intelligence
- N.M.P.Bocken S.W.Short P.Rana S.Evans. (febrero 2014). *A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652613008032>
- Leontidis G. *How Data & AI Can Help Our Sustainable Future*. TEDTalk. Disponible en: https://www.ted.com/talks/dr_georgios_leontidis_how_data_ai_can_help_our_sustainable_future
- Luque, A. Y. (2017). *Desastres naturales en Canarias. La costa como espacio de riesgo en Tenerife*. Semata: Ciencias sociales e humanidades, (29). Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6296275>
- Indra. (Madrid. 9 Marzo 2022). *Indra deploys europe's most advanced forest surveillance and firefighting system in Gran Canaria*. Press release. Disponible en: https://www.indracompany.com/sites/default/files/220309_pr_indra_alertagran.pdf
- I'M Innovation #hub. *Inteligencia artificial y robótica para un reciclaje innovador*. Disponible en: https://www.imnovation-hub.com/es/sociedad/reciclaje-innovador-ia-robotica/?_adin=02021864894
- ITU News Magazine. (2021). *Expansión de AI for Good*. Disponible en: https://www.itu.int/en/itunews/Documents/2021/2021-05/2021_ITUNews05-es.pdf
- Mahendra S. (29 septiembre 2022). *Artificial Intelligence in Waste Management*. *Artificial intelligence +* Disponible en: <https://www.aiplusinfo.com/blog/artificial-intelligence-in-waste-management/>
- Martinez H. (2021). *Evaluación de técnicas de Inteligencia Artificial para el pronóstico de inundaciones costeras por penetración del mar*. Evaluación de técnicas de Inteligencia Artificial para el pronóstico de inundaciones costeras por penetración del mar
- Microsoft. (2018). *The future computed. Artificial intelligence and its role in society*. Disponible en: https://blogs.microsoft.com/wp-content/uploads/2018/02/The-Future-Computed_2.8.18.pdf

- Nishanta R., Kennedy M., Corbetta J. (agosto 2020). *Artificial intelligence for sustainability: Challenges, opportunities, and a research agenda*. International Journal of Information Management. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268401220300967>
- Osbo digital. (s.f.) *Las imágenes de los satélites y su uso en los incendios forestales*. Disponible en: <https://osbodigital.es/2019/05/15/las-imagenes-de-los-satelites-y-su-uso-en-los-incendios-forestales/>
- Pedemonte V. (febrero 2022). *AI for Sustainability: An overview of AI and the SDGs to contribute to the European policy making*. European Commission. Disponible en: https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/vincent-pedemonte_ai-for-sustainability_0.pdf
- Portal de datos sobre migración. (Junio 2022). *Urbanización y migración*. Disponible en: <https://www.migrationdataportal.org/es/themes/urbanization-and-migration>
- Prensa Microsoft. (julio 2020) Microsoft AI for Earth impulsa dos proyectos en Euskadi para afrontar los retos de sostenibilidad. Microsoft. <https://news.microsoft.com/es-es/2020/06/02/microsoft-ai-for-earth-impulsa-dos-proyectos-en-euskadi-para-afrontar-los-retos-de-sostenibilidad/>
- Quintero Plaza D. (2022). Machine learning y meteorología: un encaje perfecto. Aemet. <https://aemetblog.es/2022/08/07/machine-learning-y-meteorologia-un-encaje-perfecto/>
- Raven A., Morris F., (16 agosto 2022). *Can we use artificial intelligence for sustainability?* Thrive. Disponible en: <https://blog.strive2thrive.earth/can-we-use-artificial-intelligence-for-sustainability/>
- Ramirez M., Benavides C., Barraez C., (2017). Redes neuronales en la predicción de micro-clima. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias. Venezuela
- RETEMA (revista técnica de Medio Ambiente). (2018). *Inteligencia artificial para localizar puntos de vertido de residuos*. Disponible en; https://www.grafcan.es/sites/default/files/hemeroteca/2018-09/20180919_Proyecto_GRAFCAN_IA_Vertidos_Retema.pdf
- Rouhiainen L. (2018). *Inteligencia artificial, 101 cosas que debes saber hoy sobre el futuro*. Alienta Editorial.
- Sanchez N. (2022). *Técnicas de vigilancias volcánicas. La Palma: de observación a medición*. <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/72938/2450-Texto%20del%20art%20art%20c3%adculo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sarker IH. (2021). *Aprendizaje automático: algoritmos, aplicaciones del mundo real y direcciones de investigación*. SN Ciencias de la Computación. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42979-021-00592-x#Sec5>

- Ray S, (Enero 2023). *Applications of Artificial Intelligence Across Various Industries*. Forbes. Disponible en: <https://www.forbes.com/sites/qai/2023/01/28/plantd-raises-10m-pioneering-carbon-negative-building-materials/?sh=5c34ce72271a>
- Shmelzer R. (2019). Should We Be Afraid of AI? Forbes. Disponible en: <https://www.forbes.com/sites/cognitiveworld/2019/10/31/should-we-be-afraid-of-ai/?sh=be4a1d54331d>
- Silvestro D., Gorla S., Sterner T., Antonelli A., (marzo 2022). *Improving biodiversity protection through artificial intelligence*. Nature Sustainability. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41893-022-00851-6>
- Talavera G.R y Pérez GT., (2008). *Canarias: entre el desarrollo turístico y la protección al medio*. OpenEdition Journal. Disponible en: <https://journals.openedition.org/etudescaibeennes/1302>
- Trinh Minh. *The AI for Good Handbook: Meeting the sustainable development goals with artificial intelligence*. Rodeo Press. New York. Octubre 2022.
- Torices A. (Mayo 2022). Las ciudades, a un paso de la línea roja del calentamiento global. Canarias7. Disponible en: <https://www.canarias7.es/sociedad/ciudades-paso-linea-20220516190942-ntrc.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>
- Valade S. Ley A., Massimetti F., D'Hondt O., Laiolo M., Coppola D. Loibl D., Hellwich O., & Walte r. (27 junio 2019). *Towards Global Volcano Monitoring Using Multisensor Sentinel Missions and Artificial Intelligence: The MOUNTS Monitoring*. Remote sensing. Disponible en: https://pdfs.semanticscholar.org/4010/d9276f1b77b80b0acea18d179841a9f280be.pdf?_ga=2.74942288.396463698.1668533334-78487263.1667850262
- Velasco R.J. (agosto 2021). Conozcamos las amenazas ambientales de Canarias con WWF. GN Diario. Disponible en: <https://www.gndiario.com/amenazas-ambientales-ecosistemas-canarias>
- Vinuesa, R., Azizpour, H., Leite, I. et al. The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals. Nat Commun 11, 233 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41467-019-14108-y>
- Vikrom M., Zaheb A., Chamuah A. (marzo2020) Artificial Intelligence for Sustainability. Tandem Research. Disponible en: <https://tandemresearch.org/assets/AI-for-Sustainability.pdf>
- Zhu X. (s.f). Monitoring environmental conditions near underwater datacenters using Deep Learning. Microsoft. Disponible en: <https://azure.microsoft.com/en-in/blog/monitoring-environmental-conditions-near-underwater-datacenters-using-deep-learning/>

TABLA DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Ilustración 1 <i>How much do you know about IA?</i> (2019). Mozilla	15
Ilustración 2. Visor GRAFCAN. Parques eólicos y fotovoltaicos en canarias.....	21
Ilustración 3 Erupción volcánica en La Palma. (septiembre 2021). Foto de Arturo Rodriguez. National Geographic.....	26
Ilustración 4. Concentración de dióxido de carbono. (6 octubre 2021). Volcán Cumbre Vieja. Imagen capturada desde el satélite Copernicus Sentinel-5P.	29
Ilustración 5. Mapa Grafcan. Zona con alto riesgo de incendio en Canarias.	30
Ilustración 6. Vinuesa R. (2020) Evidencia documentada del potencial de la IA (a) un habilitador o (b) un inhibidor en cada uno de los ODS. Los números dentro de los cuadrados de colores representan cada uno de los ODS (consulte los Datos complementarios 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 correspondientes a los tres grupos principales, a saber, Sociedad, Economía y Medio Ambiente, también se muestran en el círculo exterior de la figura. Los resultados obtenidos cuando se tiene en cuenta el tipo de evidencia se muestran por el área interior sombreada y los valores entre paréntesis.	35
Ilustración 7. Grado de urbanización en Canarias. Fuente: Gobierno de Canarias. (19 diciembre 2022)	36

TABLAS

Tabla 1 Objetivos del trabajo y técnicas de análisis. Elaboración propia	12
Tabla 2. Explicación de las diferentes ramas de la IA. Tabla: elaboración propia. Fuente: Lasse Rouhiainen (2018). Inteligencia Artificial. Editorial planeta.	16
Tabla 3. Sectores de aplicación de la inteligencia artificial. Elaboración propia basada en Fuente: Lasse Rouhiainen (2018). Inteligencia Artificial. Editorial planeta.	18
Tabla 4. Resumen de las soluciones propuestas y de los proyectos actuales en Canarias. Elaboración propia.	33
Tabla 5. Análisis DAFO y MECA. Elaboración propia.....	43