

Inteligencia Artificial Sostenible

Desafíos de una ecuación necesaria





Contexto

Hacia una IA Sostenible

Casos de uso

Conclusiones

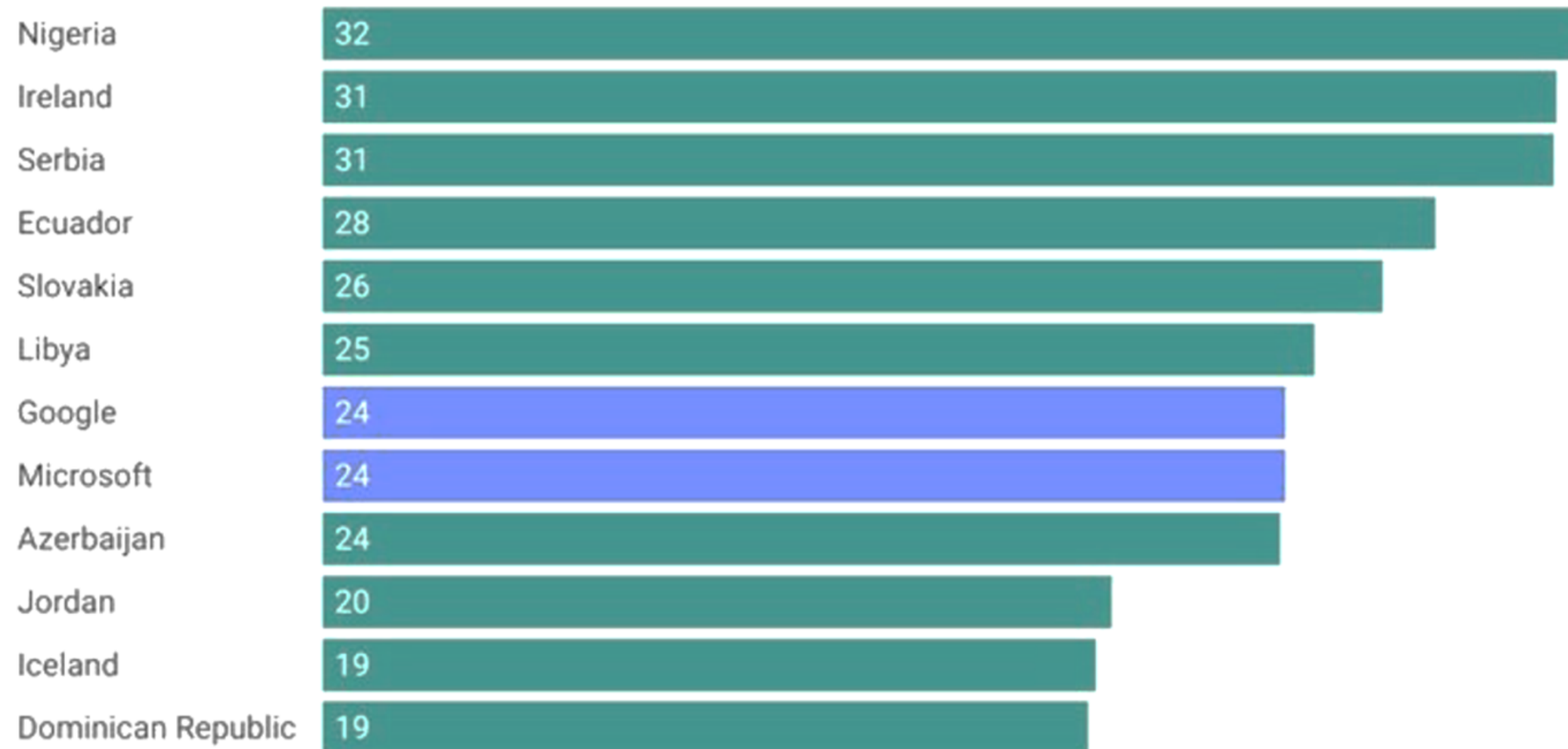
1

Contexto

La IA y la Sostenibilidad

En 2023, dos Big Tech consumieron cada una 24 TWh de electricidad, más que el consumo total de República Dominicana

Electricity consumption (TWh)



1

Contexto

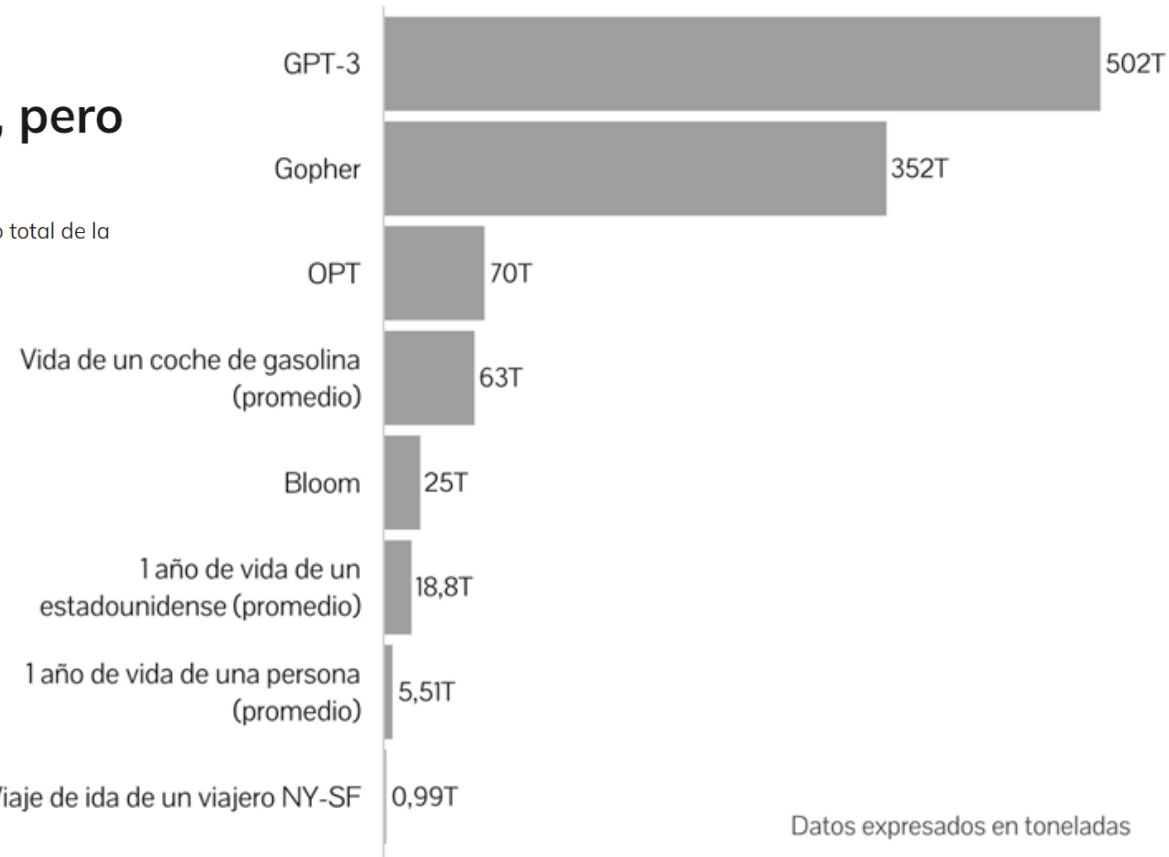
La IA y la Sostenibilidad

BLOOMBERG GREEN

La inteligencia artificial está en auge, pero también su huella de carbono

En Google, investigadores encontraron que la IA representó del 10 al 15% del consumo total de la energía eléctrica de la empresa

EMISIONES DE CO2 DE LOS MODELOS DE IA Y EJEMPLOS REALES

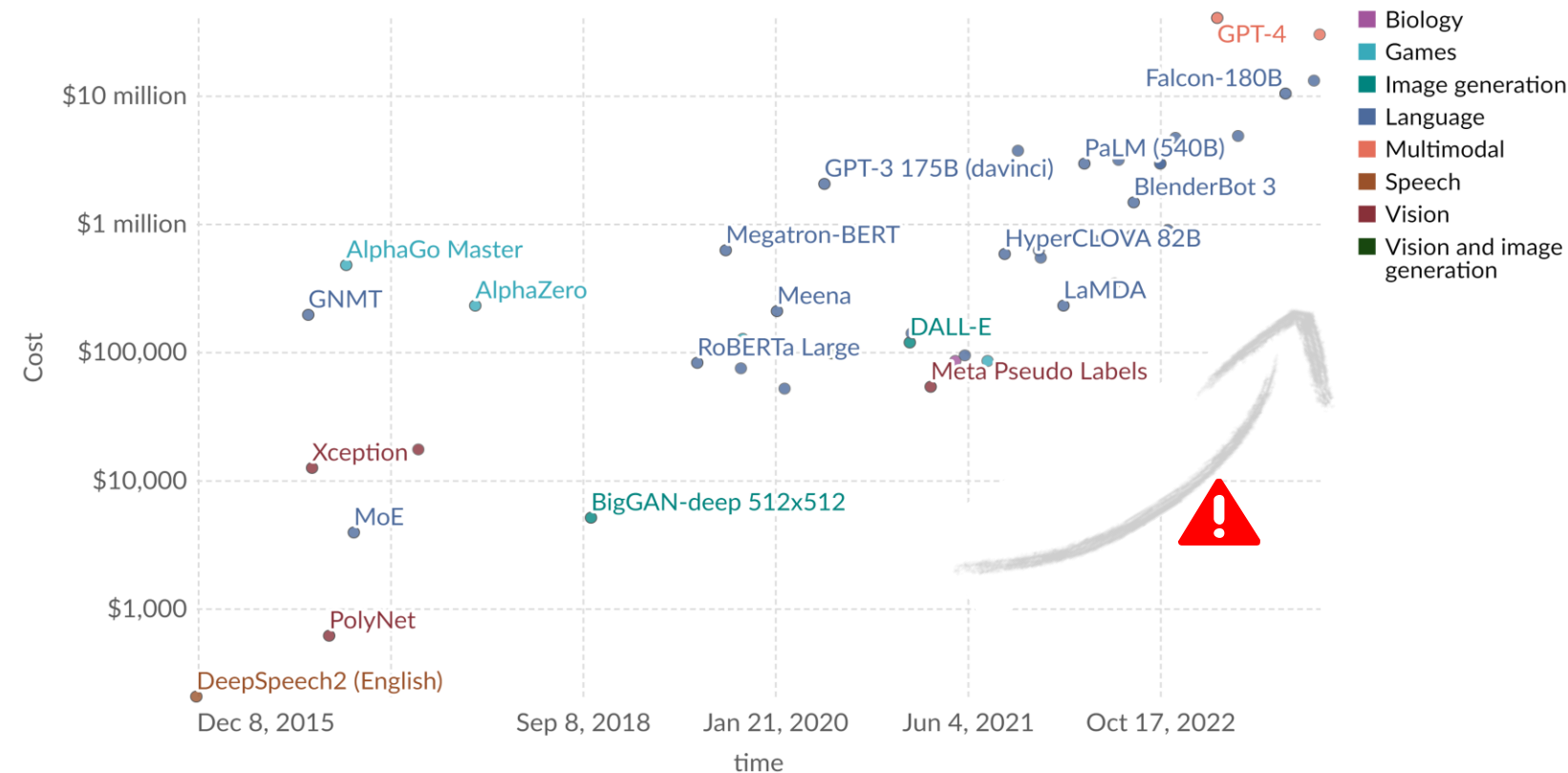


..Data Presented by Reason Why from Luccioni et al., 2022

Hardware and energy cost to train notable AI systems

This data is expressed in US dollars, adjusted for inflation.

Our World in Data



Data source: Epoch (2024)

OurWorldInData.org/artificial-intelligence | CC BY

Note: This data is expressed in constant 2023 US\$. The hardware costs are amortized and calculated by multiplying the training chip-hours by the reduced hardware cost, with an additional 23% for networking expenses. The costs of some models vary in certainty, as some use actual price data rather than estimates.

1 Contexto

La posición de supervisores y la comunidad científica

Los reguladores y organizaciones supranacionales y científicas abogan por una **mayor eficiencia en el uso de recursos, uso de energía verde y medición del impacto**

Regulación



Regulación y Normalización (AI Act y Comisión Europea): artículo 40 del AI Act promueve un desarrollo energéticamente responsable de los modelos de IA, a partir de claves, entre otras:

- ✓ **Optimización** de rendimiento reduciendo el consumo energético
- ✓ **Innovación** sostenible y el uso eficiente de recursos

Iniciativas y proyectos



IA para el Clima y el Medio Ambiente: Plan Coordinado de IA de 2021 y Pacto Verde Europeo

- ✓ IA como clave para **mejorar la eficiencia y descarbonizar sectores** como la agricultura y manufactura, así como para reducir las emisiones de gases.



1 Contexto

La posición de supervisores y la comunidad científica

+ *Iniciativas*



Evaluación del Impacto Ambiental de la IA: Organizaciones como la **Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE)** subrayan la necesidad de **medir el impacto ambiental del uso de IA**, centros de datos...



Green AI: Comunidad Científica (optimización, reducción por técnicas...)

1 Contexto

EU AI Act

- **IA Act, art. 40.2:** “La petición de normalización también incluirá la **solicitud de documentos** sobre los procesos de presentación de información y documentación a fin de **mejorar el funcionamiento de los de los sistemas de IA desde el punto de vista de los recursos, como la reducción del consumo de energía** y de otros recursos del sistema de IA de alto riesgo durante su ciclo de vida, así como sobre el desarrollo eficiente desde el punto de vista energético de los modelos de IA de uso general”.
- **IA Act, art. 53.1.a:** “Los **proveedores de modelos de IA** de uso general elaborarán y mantendrán actualizada la documentación técnica del modelo [...] que contendrá, como mínimo una **descripción detallada del consumo de energía conocido o estimado** del modelo”.
- **IA Act, art. 95:** “La Oficina de IA y los Estados miembros facilitarán la elaboración de **códigos de conducta** relativos a la aplicación voluntaria, incluyendo elementos como la **evaluación y reducción al mínimo de las repercusiones de los sistemas de IA en la sostenibilidad medioambiental**”.

1 Contexto

EU AI Act

Las propuestas de regulación de la IA pretenden abordar los riesgos potenciales, las limitaciones y los problemas éticos asociados a los modelos de IA, al tiempo que promueven su **desarrollo, aplicación y uso responsables**

Requerimientos regulatorios de IA





Contexto

Hacia una IA Sostenible

Casos de uso

Conclusiones

2 Hacia una IA sostenible

Ámbitos de actuación

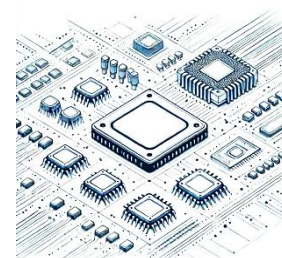
El desarrollo de la IA sostenible se puede realizar a través de un uso eficiente del hardware y la tecnología, así como mediante el desarrollo óptimo del software, bajo consideraciones éticas



Ethics



Software



HARDWARE

2 Hacia una IA sostenible

Ámbitos de actuación: **• HARDWARE •**



2 Hacia una IA sostenible

Ámbitos de actuación: **HARDWARE**

El uso eficiente del hardware y la tecnología permite reducir el consumo energético y minimizar la generación de residuos

Optimización del hardware

Utilización de hardware energéticamente eficiente como **GPUs y TPUs**, así como **CPUs** de última generación

Acelera la **velocidad** de procesamiento, y **minimiza** el consumo de **energía**

Uso de energías renovables

Transición de los **centros de datos** que alimentan las operaciones de AI a **fuentes de energía renovables**

Reduce el **impacto medioambiental** de las operaciones de IA de forma **significativa**

Operación de la Infraestructura

Almacenamiento de datos eficiente, con **acceso rápido** y operaciones **en paralelo**
Escalado dinámico de los recursos IT

Asegura **mayor uso de la capacidad instalada**, y **acelera** tanto el desarrollo como el uso de los modelos

2 Hacia una IA sostenible

Ámbitos de actuación: **Software**



*Margaret Hamilton
(edad: 88 años
17 agosto 1936)*

2 Hacia una IA sostenible

Ámbitos de actuación: **Software**

El desarrollo óptimo del **software** considera **algoritmos verdes** y **racionaliza su estructura y aplicación**, así como integra la huella de CO₂ para **comparar diferentes alternativas**

Construcción de algoritmos verdes

- ✓ Diseño eficiente de la **arquitectura del modelo**: estrategias NAS (MOO, ajuste de hiperparámetros...)
- ✓ Uso eficiente de **memoria**

Búsqueda de algoritmos cuyo software desarrollado permite ganar **eficiencias**

Estructura y uso de los modelos

- ✓ Menor complejidad mediante **técnicas de compresión de modelos**, como la cuantización o el pruning
- ✓ **Uso** de los modelos **adecuado al objetivo**

Reduce las **ineficiencias** en el uso y los requisitos computacionales

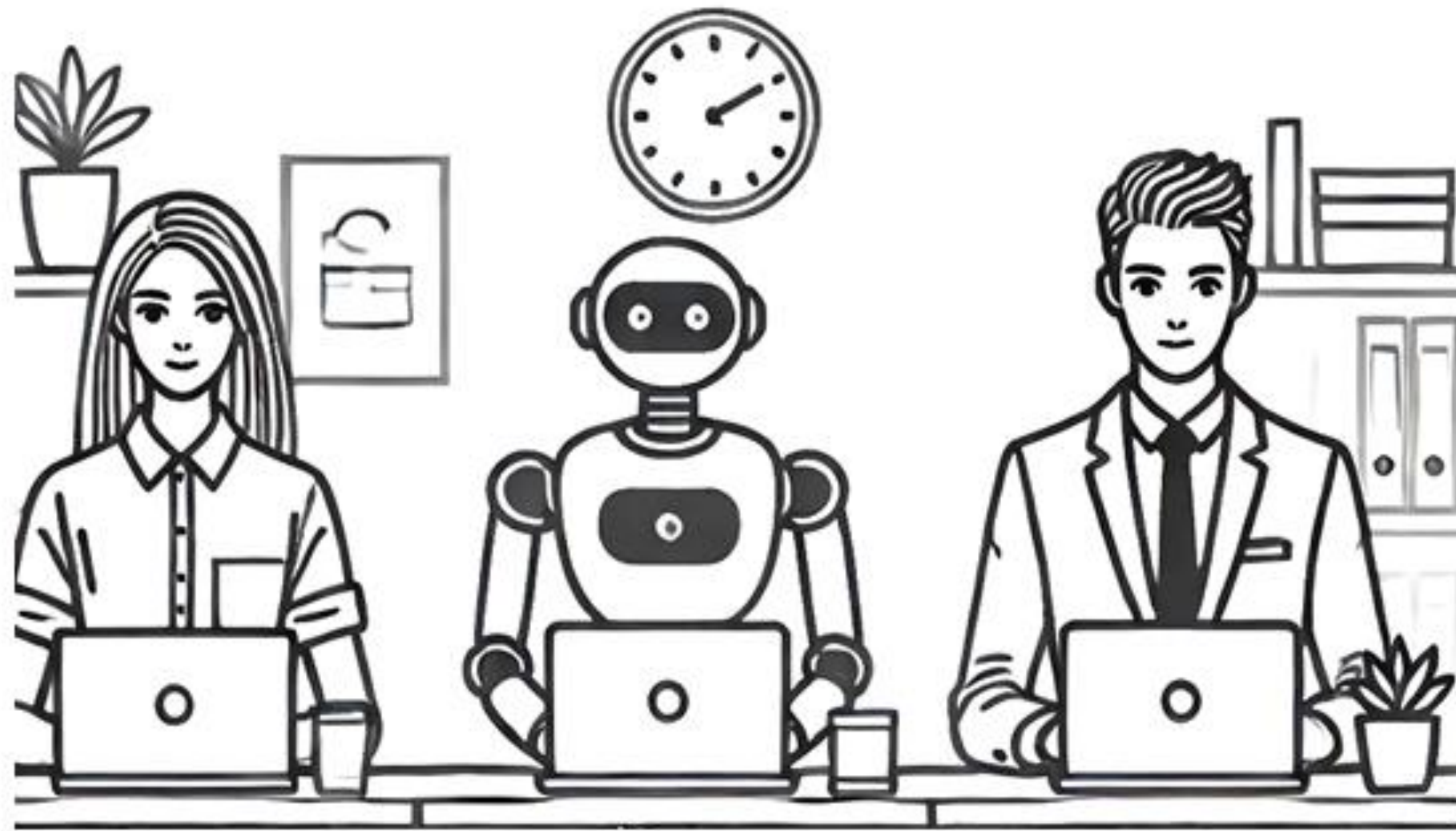
Medición de la huella de carbono

- ✓ Medición de la huella de carbono del algoritmo para **controlar la eficiencia**, y desarrollo de pruebas a escala considerando dicha medida

Permite incorporar la huella de carbono como un **elemento adicional** para decisiones

2 Hacia una IA sostenible

Ámbitos de actuación: **Ethics**



2 Hacia una IA sostenible

Ámbitos de actuación: **Ethics**

El desarrollo de la IA sostenible ha de considerar también el aspecto ético del desarrollo de los modelos, que se plasma a lo largo de distintos componentes en la organización



MARCO

- ✓ Definición de los valores y principios de Data Ethics para impulsar el comportamiento ético
- ✓ Incorporación de los valores y principios de la ética de los datos en el núcleo de la organización (almacenamiento, intercambio, manipulación y consumo de datos)



ORGANIZACIÓN Y GOBERNANZA

- ✓ Definición de un modelo de gobernanza para el uso ético de los datos: órganos de supervisión, procedimientos para la escalada de problemas
- ✓ Definición de funciones y responsabilidades



PROCESOS Y MECANISMOS

- ✓ Desarrollo de herramientas y repositorios que permitan registrar y resolver dilemas
- ✓ Documentación y auditoría interna
- ✓ Formación de los empleados



SEGUIMIENTO

- ✓ Evaluación periódica de métricas de equidad y ausencia de sesgos
- ✓ Evaluaciones del conocimiento de los empleados y encuestas periódicas a los clientes



Contexto

Hacia una IA Sostenible

Casos de uso

Conclusiones

3 Casos de uso

GreenLightningAI: sistema AI eficiente (1/2)

GreenLightningAI es un nuevo sistema de Inteligencia Artificial que permite el reentrenamiento de redes neuronales de forma incremental, reduciendo el tiempo de entrenamiento y el coste computacional

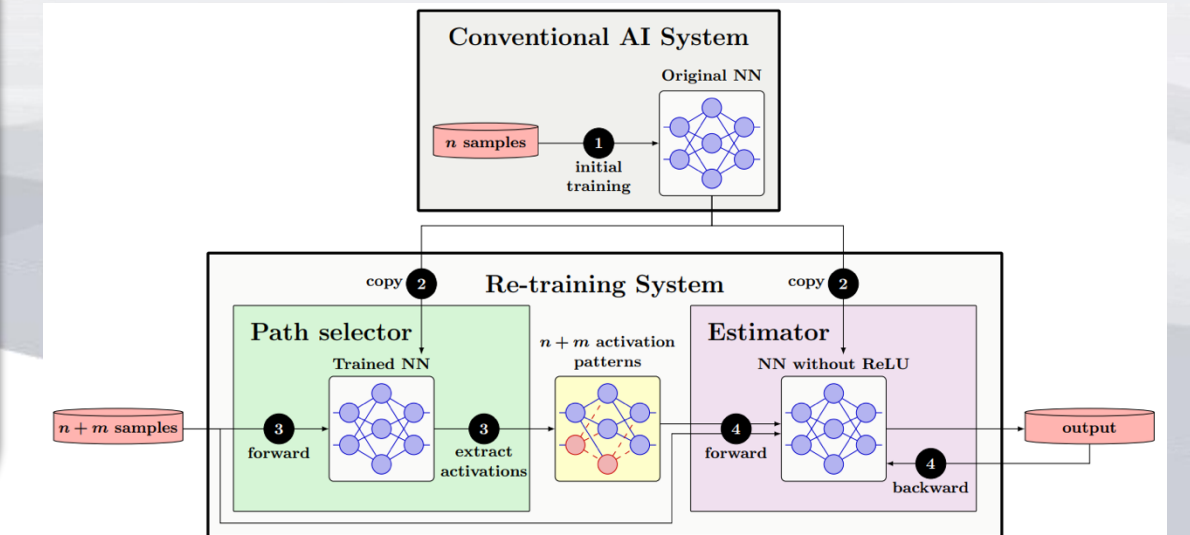
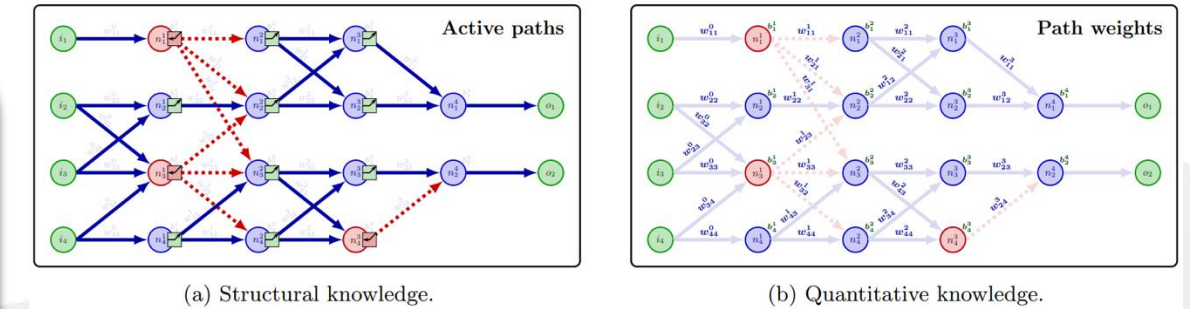
Concepto

Desacoplar el conocimiento estructural y cuantitativo de una red neuronal.

- **Estructural:** información que la red neuronal ha adquirido para activar o desactivar una colección de rutas
- **Cuantitativo:** valores numéricos de los pesos de las neuronas y sesgos aprendidos por la red neuronal

Reentrenamiento incremental: se conserva el conocimiento estructural y se actualiza el conocimiento cuantitativo de una red neuronal dados nuevos datos

Estructura: se plantean dos módulos: path selector y estimator



Duato, J. et al.: *GreenLightningAI: An Efficient AI System with Decoupled Structural and Quantitative Knowledge*. 2023. arXiv:2312.09971v1.



Casos de uso

GreenLightningAI: sistema AI eficiente (2/2)

GreenLightningAI consigue mantener el poder predictivo, y reducir de forma drástica el tiempo de entrenamiento y reentrenamiento incremental

Beneficios

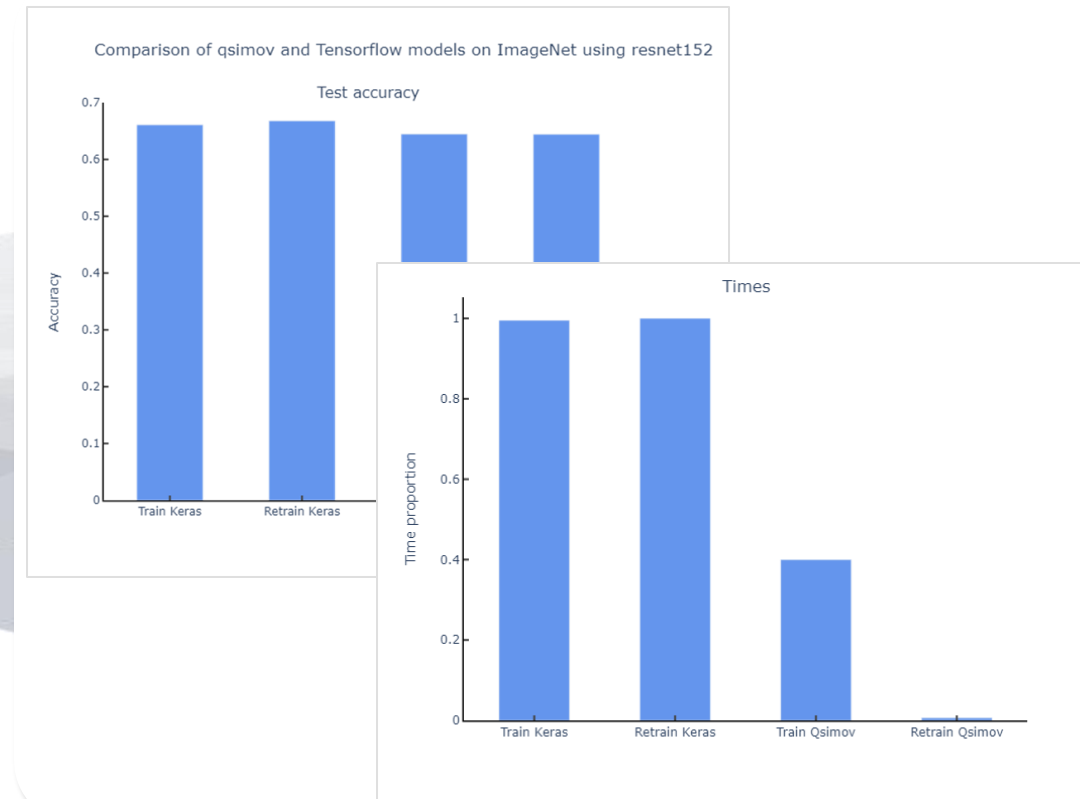
El estimador consiste en una **red neuronal de una sola capa**

- Puede entrenarse mucho más rápido que una DNN
- Evita los problemas asociados al vanishing gradient
- Permite el uso de tasas de aprendizaje más altas.

Se trata de un **sistema lineal**

- Puede reentrenarse procesando únicamente las nuevas muestras, combinando después el modelo resultante con el modelo de la reentrenación anterior (dado que el selector de rutas es constante).
- Equivalente a utilizar todo el conjunto de datos, lo que evita los problemas asociados al olvido catastrófico.
- Permite la interpretabilidad

Resultados sobre ImageNet



3

Casos de uso

Un marco para la construcción de algoritmos éticos

El desarrollo de algoritmos éticos y equitativos se puede realizar a través de las tres etapas de la modelización: en la preparación de los datos, en la modelización, y en la validación y uso de los modelos

Datos

- **Representatividad.**
- Identificación de **grupos protegidos** (raza, color, religión, sexo / género, origen nacional, edad, estado civil, recepción de asistencia pública, disparidad social y cultural, etc.).
- **Preprocesamiento**
 - Niveles de representación de grupos
 - Técnicas de balanceo
 - Datos sintéticos (ej: SMOTE)
- Análisis de **correlaciones** entre variables y grupos protegidos.

Modelización

- Aplicación de **técnicas de aprendizaje equitativo** (aprendizaje justo):
 - **Reponderación** de muestras
 - **Técnicas de regularización:**
 - Adversarial
 - Basada en métricas de equidad
 - **Redefinición de la función de pérdida**
- **Puntos de corte diferenciados** por grupos
- **Riesgos:**
 - Overfitting
 - Pérdida del poder discriminante: balance entre equidad y precisión

Validación / seguimiento

- Establecimiento de **métricas de fairness** junto con las métricas de rendimiento

Métricas de equidad (basado en métricas de evaluación)

- **Equidad de grupo [condicional]:**

$$P(d = 1|[L = l], g1) = P(d = 1|[L = l], g2)$$

- **Paridad en la predicción:**

$$P(y = 1|d = 1, g1) = P(y = 1|d = 1, g2)$$

- **Probabilidades igualadas:**

$$P(d = 1|Y = i, g1) = P(d = 1|Y = i, g2)$$

$i = 0,1$

- **Monitorización de métricas** y decisiones en los procesos de seguimiento
- **Formación** a empleados

Ref.: Verma S. y Rubin, J.: *Fairness Definitions Explained*. ACM/IEEE International Workshop on Software Fairness. 2018. <https://doi.org/10.1145/3194770.3194776>



Contexto

Hacia una IA Sostenible

Casos de uso

Conclusiones

4 Conclusiones

Controlar los riesgos en el uso de la IA

Algunos riesgos de la GenAI

Privacidad de los datos y seguridad de la información

Interpretabilidad de los modelos

Información falsa o engañosa (alucinaciones)

Propagación de sesgos, discriminación y contenido tóxico

Incumplimiento regulatorio y posibles sanciones

Propiedad intelectual

«Efecto Eliza», “atrofia de la IA”, pérdida de capacidad crítica

Riesgos éticos en la toma de decisiones

Dependencia excesiva de la IA para tareas críticas

Manipulación y desinformación

Sustitución de empleos humanos

Necesidad de *transición laboral y formación*

4 Conclusiones

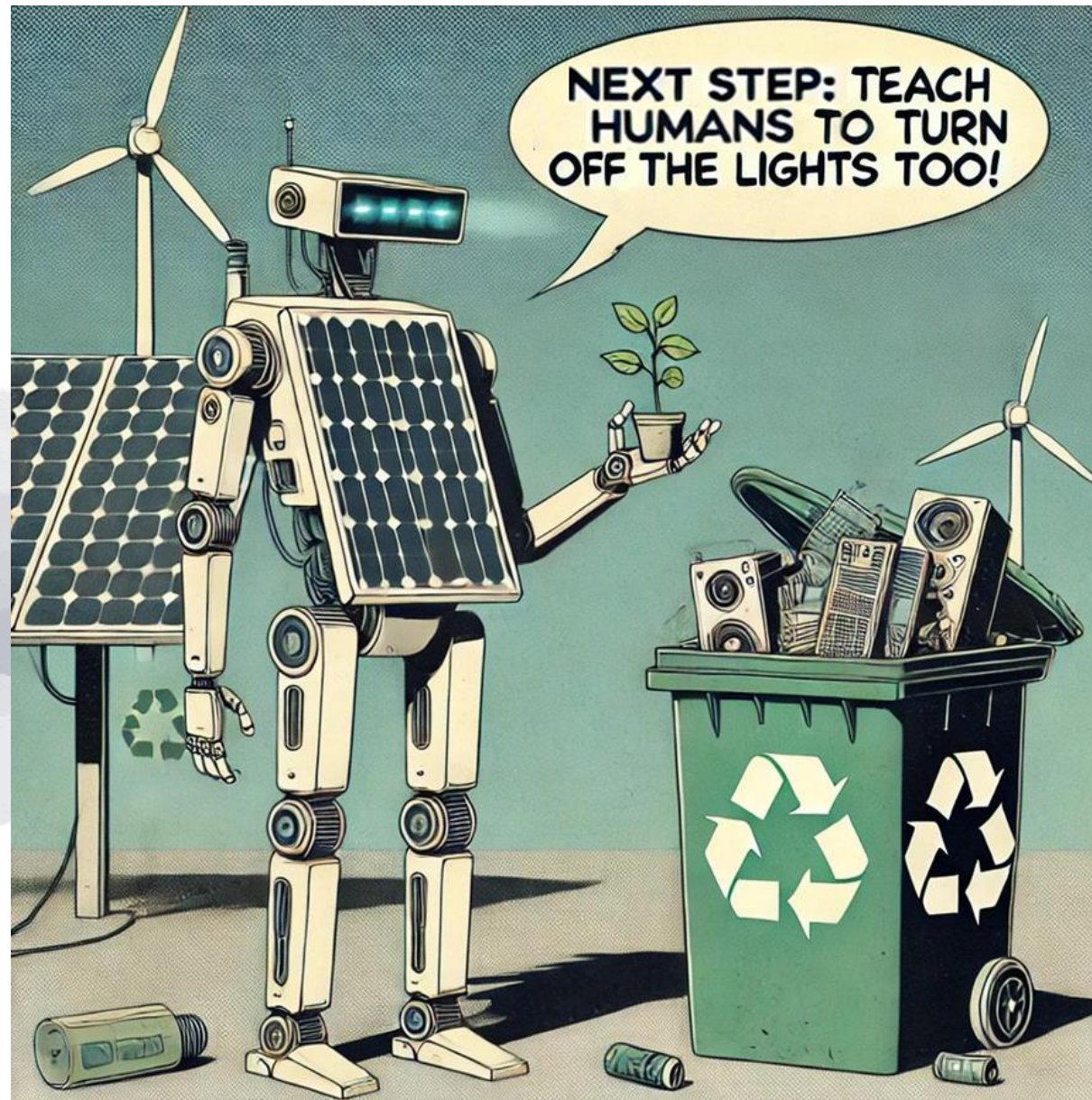
Green AI in a nutshell

6 reflexiones finales...

- 1 La incorporación de la IA es **clave para el avance y la mejora** de las organizaciones, los productos y servicios y la sociedad en general. No obstante, por la adopción y uso masivo, es **necesario controlar el impacto ambiental y social**.
- 2 La transformación digital ha llevado a que la IA **tenga un desarrollo técnico sin precedentes**, apalancándose en la capacidad de usos masivos de datos, nuevas y mejores capacidades computacionales, y nuevos algoritmos.
- 3 Su aplicación práctica conlleva importantes **impactos desde el punto de vista climático** (vía emisiones) y **ambiental** (vía uso de recursos naturales, como agua), así como posibles implicaciones desde el **ámbito social**.
- 4 Se ha de **integrar la visión ESG en las políticas y prácticas de modelización de las organizaciones**, asegurando un uso responsable de la IA.
- 5 Se está avanzando en desarrollar técnicas y mecanismos para medir y gestionar el impacto ambiental y social, a partir de las **acciones de reguladores, la comunidad científica y el compromiso de las compañías y entidades**.
- 6 No obstante, aún queda un largo camino, que requiere **investigación en el desarrollo de estas técnicas**, y su **incorporación en la modelización, la cultura de empresa y la difusión de conocimiento técnico** de los empleados.


4 Conclusiones


Y, en todo caso, recordemos...





¡Gracias!




One team
international


Team
multidisciplinary


Good practice
know-how


Demonstrated
experience


Maximum
Commitment

Fernando Prieto
Partner at Management Solutions
fernando.prieto@managementsolutions.com