Afrontar el cambio climático con aprendizaje automático

Escuela de verano virtual Climate Change AI 2026

Maria João Sousa, David Rolnick, Priya L. Donti



Climate Change AI

Índice

Por qué	Marco: cambio climático y acción climática
Qué	Marco: IA y aprendizaje automático (AA)
Qué	Funciones tecnológicas de la IA para la acción climática
Cómo	Consideraciones para el desarrollo y el despliegue
Cuáles	Enfoques de aprendizaje automático para problemas climáticos
Cómo	Buenas prácticas: enfoques, recursos y herramientas

El cambio climático exige actuar con rapidez

Los impactos se sienten en todo el mundo

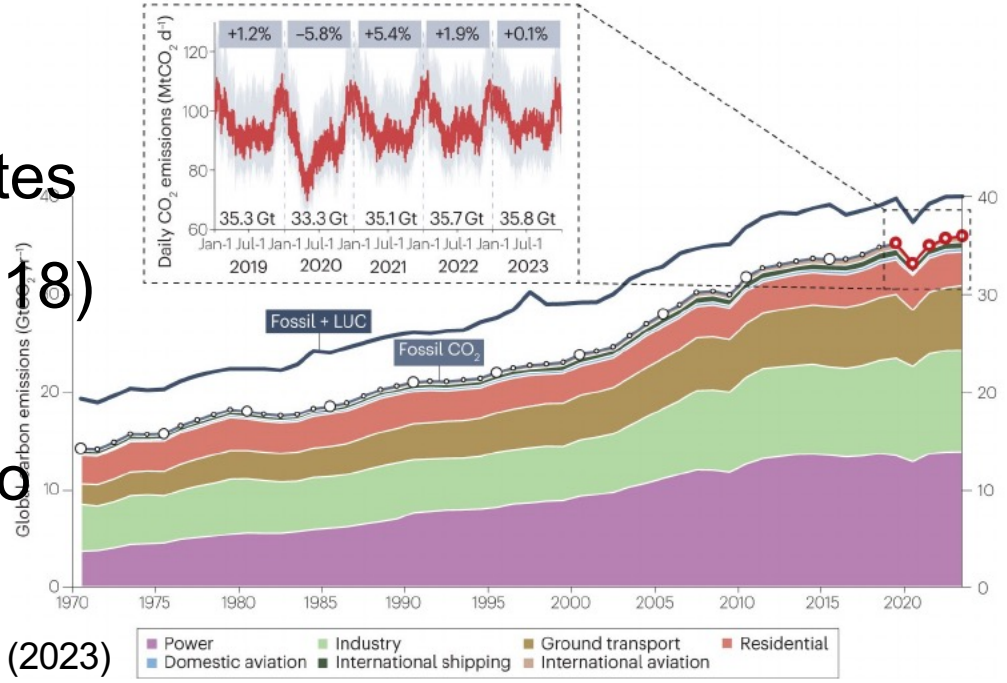


Afecta de forma desproporcionada
a las poblaciones más vulnerables

Limitar el calentamiento a 1,5 °C:

- exige cero emisiones netas de CO_2 y fuertes recortes de otros GEI para 2050 (IPCC 2018)

Las emisiones siguen aumentando cada año



Fuente de la imagen: Liu et al (2023)

💬Escriba su respuesta en el chat de Zoom

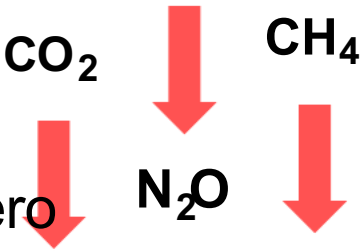
Mencione un ejemplo de enfoque para afrontar el cambio climático.

Puede elegir un ejemplo especialmente relevante para su país o contexto local.

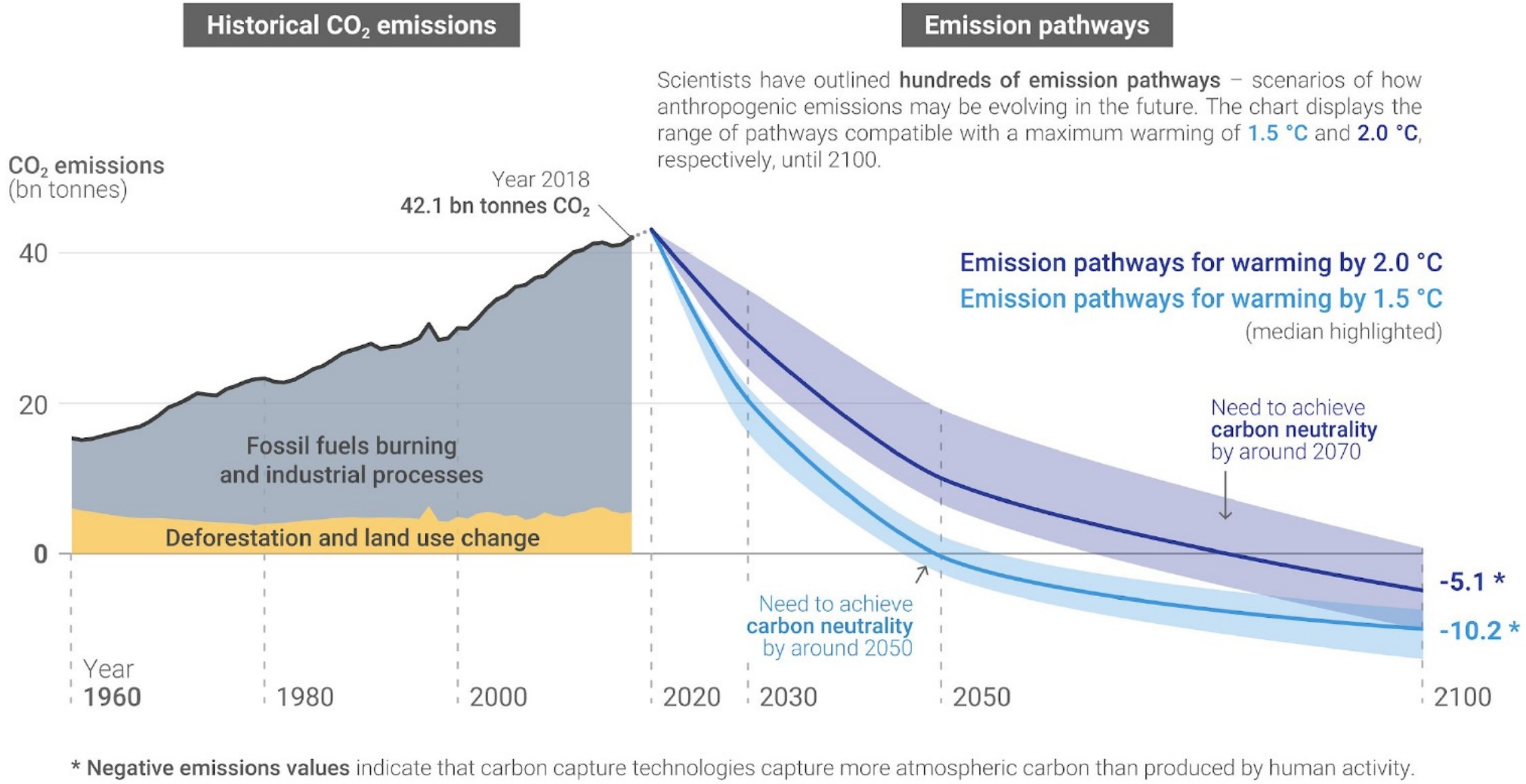
Qué significa afrontar el cambio climático

Mitigación Acciones que reducen el ritmo del cambio climático

Reducir o evitar las emisiones de gases de efecto invernadero



¿Cómo limitar el calentamiento global a 1,5 °C?



Fuente: factsonclimate.org/emission-pathways-paris

Sectores de la mitigación del cambio climático

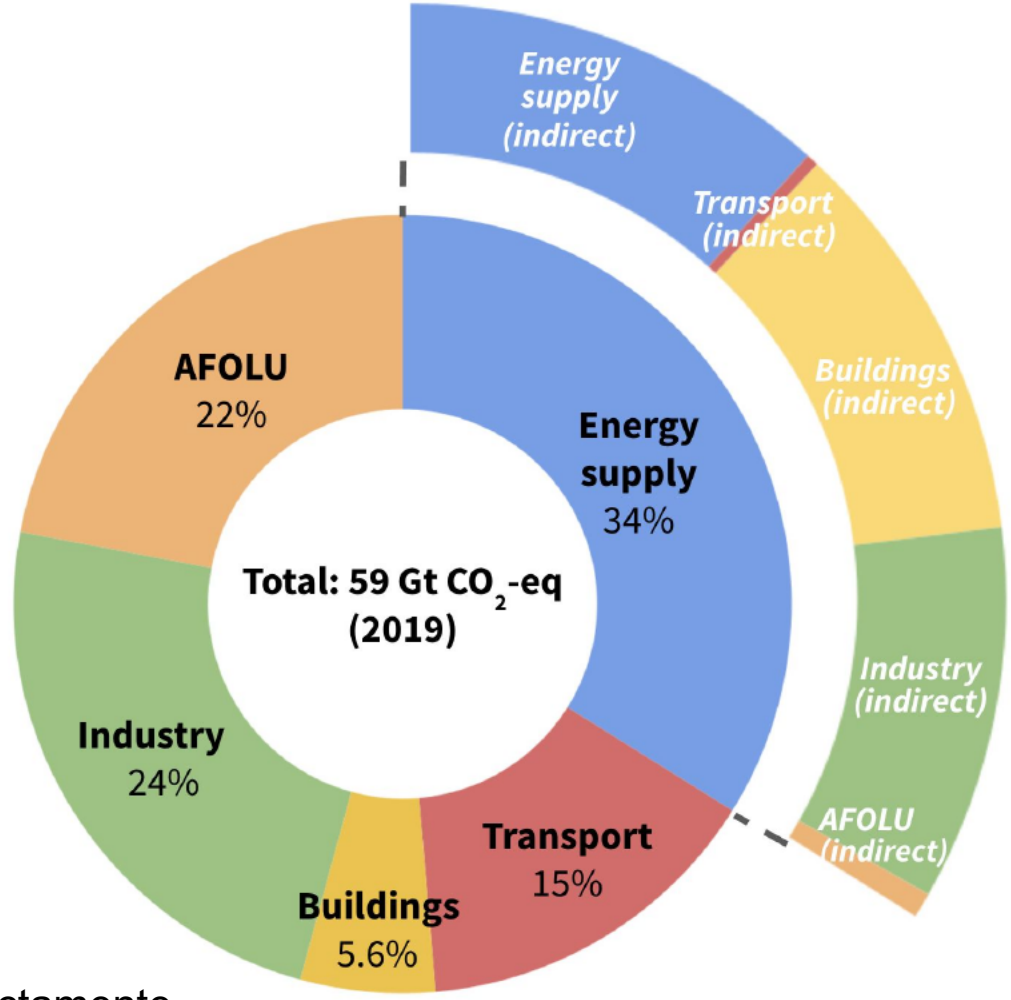
Mitigación: reducir/evitar las emisiones de GEI

Sectores
Suministro de energía
Transporte
Edificios
Industria
Agricultura
Silvicultura
Otros usos del suelo
Eliminación de CO_2

Emisiones energéticas

Emisiones del suelo (AFOLU)

Emisiones negativas

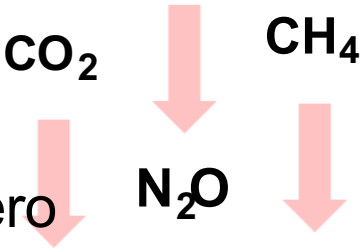


Datos del informe AR6 GTIII del IPCC (2022). Los porcentajes no suman exactamente el 100 % por el redondeo a dos cifras significativas.

Qué significa afrontar el cambio climático

Mitigación Acciones que reducen el ritmo del cambio climático

Reducir o evitar las emisiones de gases de efecto invernadero



Adaptación Acciones que responden a un clima cambiante

Prepararse y ajustarse tanto a los efectos actuales del cambio climático como a sus impactos futuros previstos



Ciencia Acciones que mejoran la comprensión del cambio climático

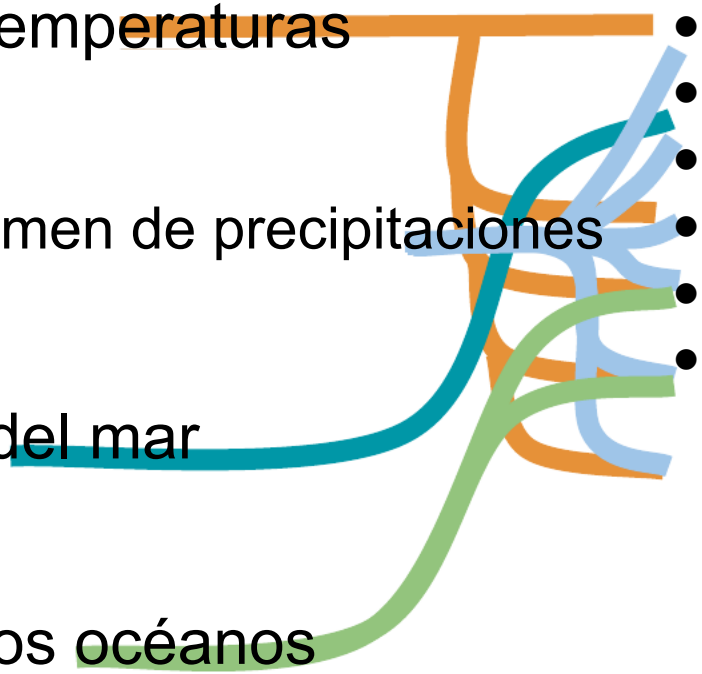
El cambio climático no es un interruptor, pero alcanzar **puntos de inflexión puede tener consecuencias irreversibles**



Impactos climáticos y efectos derivados

Impactos climáticos

- Aumento de las temperaturas
- Cambios en el régimen de precipitaciones
- Subida del nivel del mar
- Acidificación de los océanos



Efectos derivados

- Sequías y olas de calor
- Tormentas e inundaciones más intensas
- Incendios forestales más frecuentes
- Pérdida de servicios ecosistémicos
- Pérdida de biodiversidad
- Propagación de vectores de enfermedades y plagas

Figura adaptada de Kris Sankaran

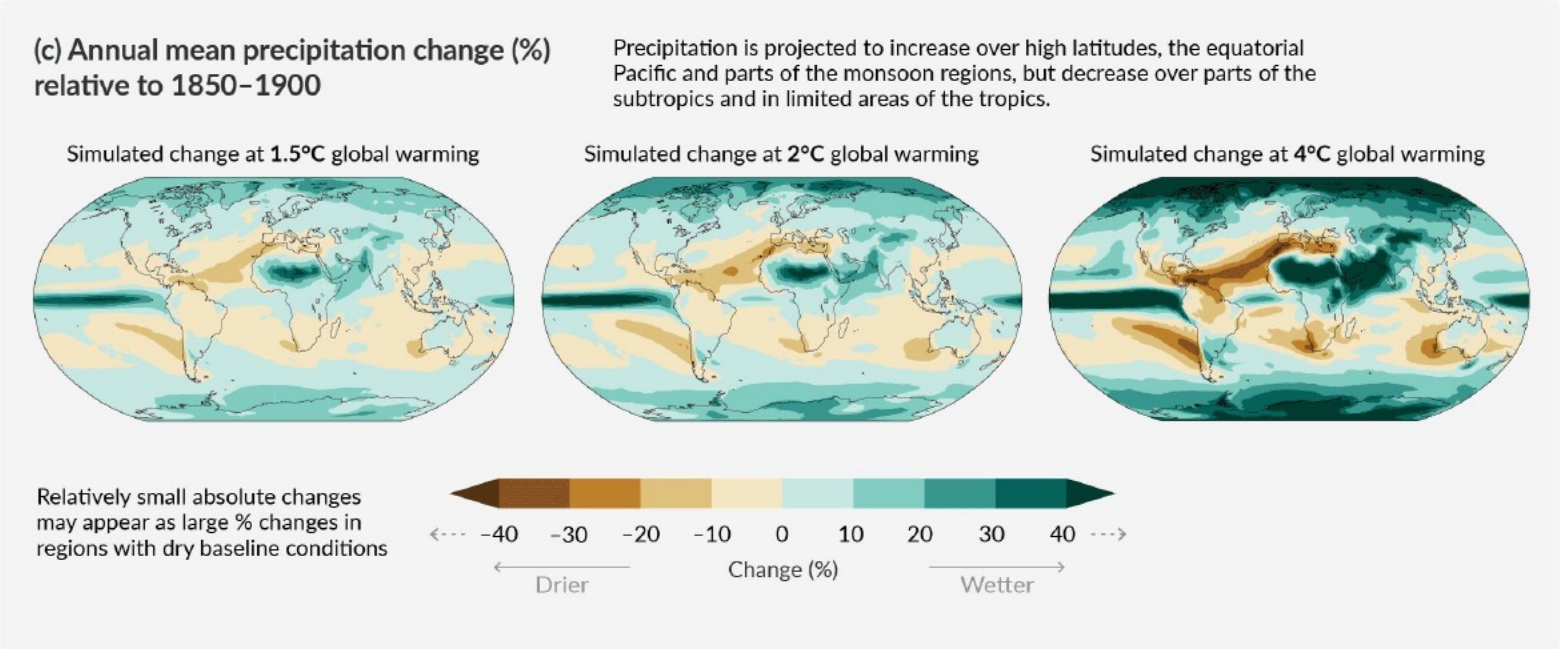
Adaptación al cambio climático

Adaptación: responder a los efectos de un clima cambiante

Adaptación al cambio climático

Adaptación: responder a los efectos de un clima cambiante

1. Medir y predecir los riesgos
    - Riesgo: impacto x probabilidad



Fuente de la figura: IPCC AR6, Resumen para responsables de políticas (2021)

Adaptación al cambio climático

Adaptación: responder a los efectos de un clima cambiante

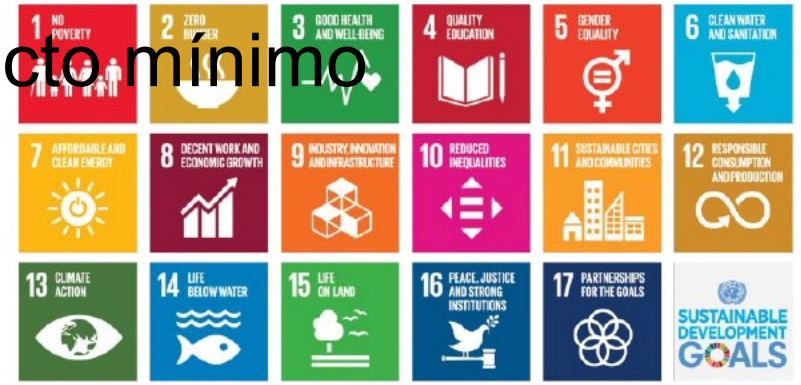
1. Medir y predecir los riesgos
   - Riesgo: impacto x probabilidad

2. Reforzar la capacidad de adaptación
   - Robustez: resistir una serie de escenarios sin impacto o con un impacto mínimo
   - Resiliencia: recuperarse rápido tras un impacto

Sistemas humanos y ecológicos



Vínculos con los ODS de la ONU

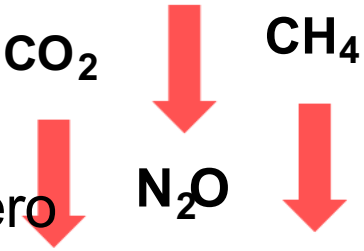


Fuente de la figura (abajo): Naciones Unidas

Qué significa afrontar el cambio climático

Mitigación Acciones que reducen el ritmo del cambio climático

Reducir o evitar las emisiones de gases de efecto invernadero



Adaptación Acciones que responden a un clima cambiante

Prepararse y ajustarse tanto a los efectos actuales del cambio climático como a sus impactos futuros previstos



Ciencia Acciones que mejoran la comprensión del cambio climático

El cambio climático no es un interruptor, pero alcanzar **puntos de inflexión puede tener consecuencias irreversibles**



Qué significa garantizar futuros climáticos socialmente justos

Justicia climática Acciones que promueven una acción climática centrada en la equidad

Más allá de los impactos ambientales, también entran en juego cuestiones sociales, éticas y políticas: hay que situar la equidad y los derechos humanos en el centro de la acción climática

Beneficios colaterales Acciones alineadas con el desarrollo humano y la prosperidad económica

Establecer vínculos explícitos entre la acción climática y los demás Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU



Fuente de la imagen: Leal Filho et al. (2023)



Benjamin Cook

Research Scientist, NASA Goddard Institute for Space Studies and Columbia University

Clase fundamental: introducción al cambio climático

Viernes 24 de julio (14:00-16:00 UTC)



Clara Iglesias

Climate Interactive

Tutorial: simular futuros climáticos en En-ROADS

Asíncrono

Índice

Por qué	Marco: cambio climático y acción climática
Qué	Marco: IA y aprendizaje automático (AA)
Qué	Funciones tecnológicas de la IA para la acción climática
Cómo	Consideraciones para el desarrollo y el despliegue
Cuáles	Enfoques de aprendizaje automático para problemas climáticos
Cómo	Buenas prácticas: enfoques, recursos y herramientas

¿Qué es la IA?

Inteligencia artificial (IA): cualquier algoritmo que permite a una máquina realizar una tarea compleja (p. ej. tareas asociadas a la inteligencia humana)

Sistemas basados en reglas: técnicas que razonan automáticamente sobre un conjunto explícito de reglas

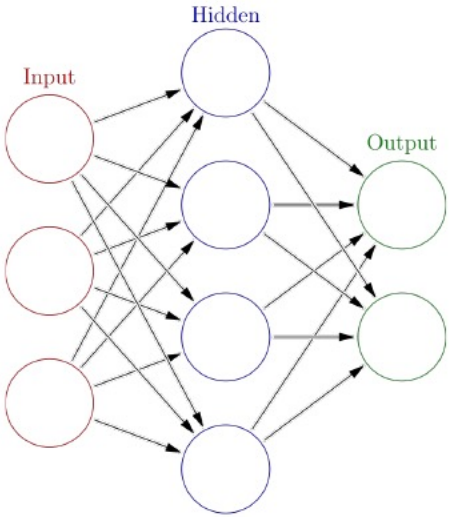


Aprendizaje automático (AA): técnicas que extraen automáticamente patrones de los datos

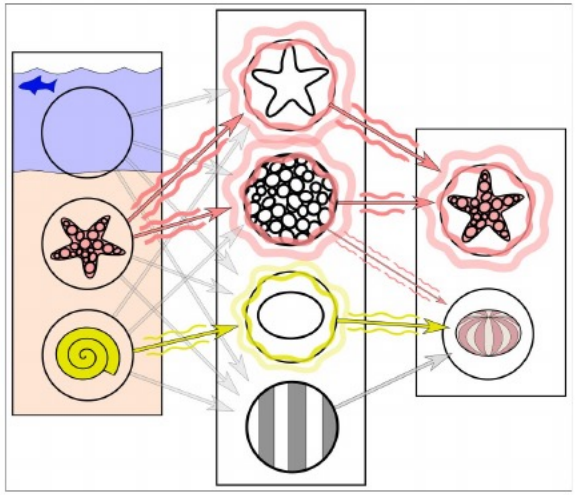


¿Qué es un modelo de AA?

El modelo consta de parámetros y de una estructura que, juntos, transforman entradas en salidas



El «aprendizaje» significa que esos parámetros se ajustan mediante el entrenamiento para producir un «modelo aprendido» capaz de realizar una tarea



💬Escriba su respuesta en el chat de Zoom

Mencione un ejemplo de modelo o enfoque de aprendizaje automático.

Formas de clasificar los algoritmos de aprendizaje automático

1. ¿Qué tipo de datos?

- imágenes (visión por computador)
- texto (procesamiento del lenguaje natural)
- secuencias (análisis de series temporales)
- … muchas más posibilidades / subtipos de datos
- varios tipos de datos juntos (aprendizaje multimodal)

2. ¿Qué tipo de problema?

- clasificación
- predicción
- agrupamiento
- optimización
- control
- generación / simulación
- …

3. ¿Qué tipo de modelo?

- redes neuronales = aprendizaje profundo
- métodos bayesianos
- árboles de decisión
- máquinas de vectores de soporte
- …

Formas de clasificar los algoritmos de aprendizaje automático

1. ¿Qué tipo de datos?

- **imágenes (visión por computador)**
- texto (procesamiento del lenguaje natural)
- secuencias (análisis de series temporales)
- … muchas más posibilidades / subtipos de datos
- varios tipos de datos juntos (aprendizaje multimodal)

2. ¿Qué tipo de problema?

- **clasificación**
- predicción
- agrupamiento
- optimización
- control
- generación / simulación
- …

3. ¿Qué tipo de modelo?

- **redes neuronales = aprendizaje profundo**
- métodos bayesianos
- árboles de decisión
- máquinas de vectores de soporte
- …

Ejemplo:

Red residual (ResNet)

Formas de clasificar los algoritmos de aprendizaje automático

1. ¿Qué tipo de datos?

- **imágenes (visión por computador)**
- **texto (procesamiento del lenguaje natural)**
- secuencias (análisis de series temporales)
- … muchas más posibilidades / subtipos de datos
- varios tipos de datos juntos (aprendizaje multimodal)

2. ¿Qué tipo de problema?

- clasificación
- predicción
- agrupamiento
- optimización
- control
- **generación / simulación**
- …

3. ¿Qué tipo de modelo?

- **redes neuronales = aprendizaje profundo**
- métodos bayesianos
- árboles de decisión
- máquinas de vectores de soporte
- …

Ejemplo:

Modelo de difusión

Formas de clasificar los algoritmos de aprendizaje automático

1. ¿Qué tipo de datos?

- imágenes (visión por computador)
- texto (procesamiento del lenguaje natural)
- secuencias (análisis de series temporales)
- … muchas más posibilidades / subtipos de datos
- varios tipos de datos juntos (aprendizaje multimodal)

2. ¿Qué tipo de problema?

- **clasificación**
- **predicción**
- agrupamiento
- optimización
- control
- generación / simulación
- …

3. ¿Qué tipo de modelo?

- Redes neuronales = aprendizaje profundo
- Métodos bayesianos
- **Árboles de decisión**
- Máquinas de vectores de soporte
- …

Ejemplo:

Bosque aleatorio



Ṭẹjúmádé Àfọ̀njá

PhD Candidate,
CISPA Helmholtz Center |
Co-founder, TRI AI

Clase fundamental: introducción a la IA

Jueves 23 de julio (14:00-16:00 UTC)



Tarini Bhatnagar

NVIDIA

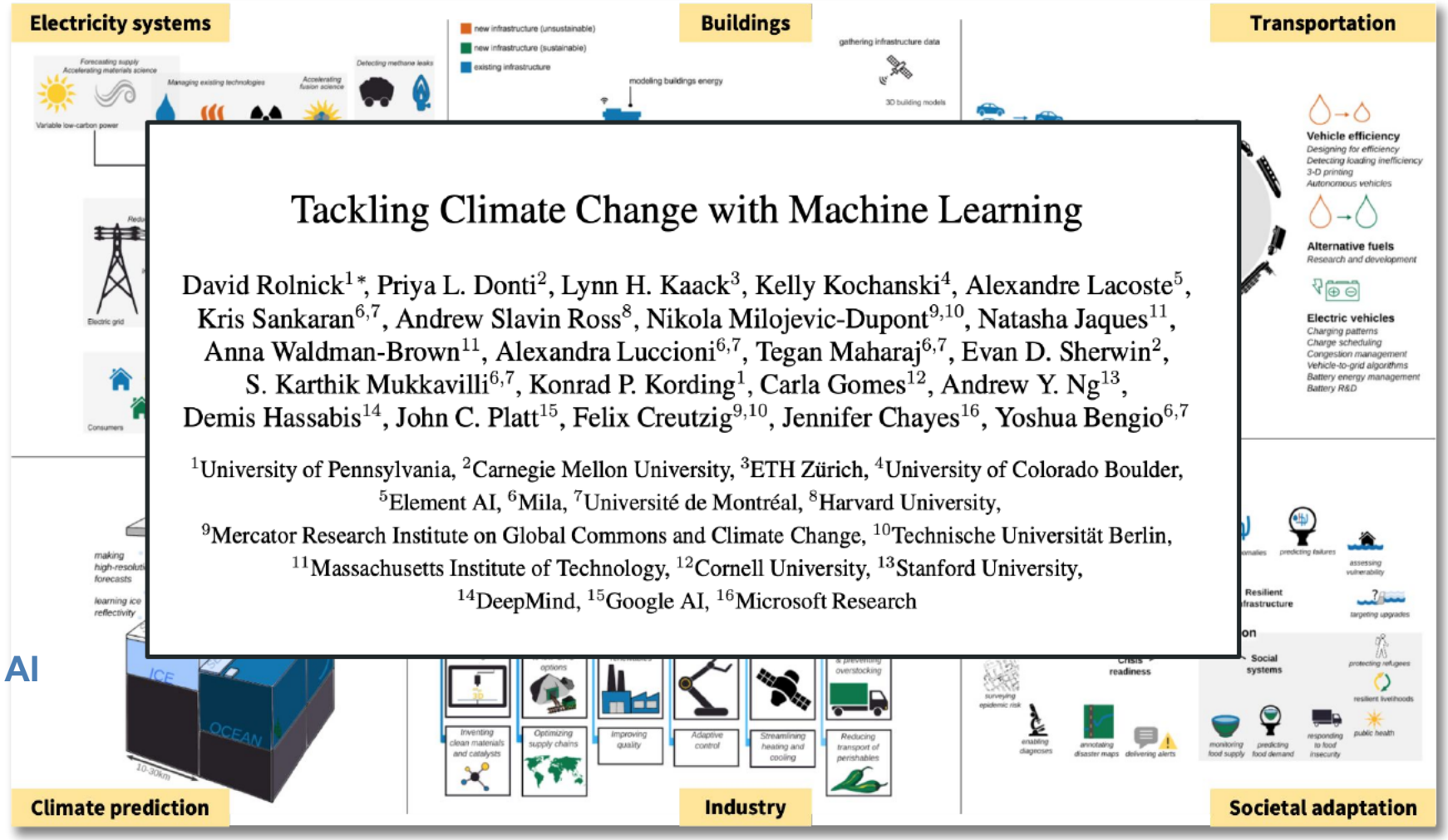
Tutorial: introducción a la IA - predecir alertas de tsunami a partir de observaciones sísmicas

Asíncrono, con vídeo explicativo

Índice

Por qué	Marco: cambio climático y acción climática
Qué	Marco: IA y aprendizaje automático (AA)
Qué	Funciones tecnológicas de la IA para la acción climática
Cómo	Consideraciones para el desarrollo y el despliegue
Cuáles	Enfoques de aprendizaje automático para problemas climáticos
Cómo	Buenas prácticas: enfoques, recursos y herramientas

La tecnología de IA puede habilitar estrategias que aceleren la acción climática cuando se aplica de forma responsable y en colaboración con las partes interesadas pertinentes.



Informe de Climate Change AI
Tackling Climate Change with Machine Learning (2019)

Energy, Materials, & Built Environment



AI for Power & Energy Systems

Jose Córdova-García

European School of Political and Social Sciences



AI for Buildings

Nipun Batra

Indian Institute Of Technology Gandhinagar



AI for Cities & Urban Planning

Binyu Lei

University of Birmingham

AI for Optimal Power Flow

Enming Liang (City University of Hong Kong), Jorge Montalvo, Utkarsha Agwan, Panos Moutis (City College of New York)





AI for Transportation

Cathy Wu

Massachusetts Institute of Technology



AI for Accelerated Materials Science

Francisco J. Martin-Martinez

King's College London

CityLearn: Reinforcement Learning Control for Grid-Interactive Efficient Buildings and Communities

Kingsley Nweye, Allen Wu, Hyun Park, Yara Almilaify (University of Texas at Austin), Ava Mohammadi, Zoltan Nagy (Eindhoven University of Technology)



Predicting Mobility Demand from Urban Features

Developed by Konstantin Klemmer, Shafat Rahman, Felix Wagner, Florian Nachtigall (TU Berlin, MCC Berlin); revised by Gabriela Yaulli Herrera (Cornell Tech)



Earth & Climate Systems



AI for Climate Science

Claire Monteleoni

University of Colorado Boulder, Inria, Climate Informatics





AI for Weather

Rendani Mbuvha (University of the Witwatersrand, AfriClimate AI) and
Shruti Nath (University of Oxford, AfriClimate AI)



AI for Oceans & Marine Systems

Maike Sonnewald

University of California Davis

Planning for Floods & Droughts: Intro to AI-Driven Hydrological Modeling

Kshitij Tayal (Oak Ridge National Labs), Arvind Renganathan (University of Minnesota), Siyan Liu (Oak Ridge National Labs), Dan Lu (Oak Ridge National Labs), Puja Das (MIT)







Monitoring Coastal Water Quality and Marine Ecosystem Change Using Remote Sensing and Machine Learning

Tedi Yankov (University of Oxford)





AI for Water Resources and Hydrology

Nagesh Kumar

Indian Institute of Science



AI for Carbon Accounting

Daniel Cusworth

Carbon Mapper

Statistical Downscaling of Climate Projections with Deep Learning

Jose González-Aba (Instituto de Física de Cantabria)



PiggyCast - Improving Weather Prediction Accuracy through a Stacking-Based Ensemble AI Approach

Josiah Kimani (AIMS South Africa), Oliver Angélil (Ishango.ai), Chris Toumping (Ishango.ai), Steffen Knoblauch (Heidelberg University)






Estimating Coal Power Plant Operation from Satellite Images with CV

André Ferreira (TransitionZero), Isabelle Tingzon (RISE Research Institutes of Sweden), El Khalil Cherif (Institute For Systems and Robotics)





Land, Food, & Nature



Combining AI and Indigenous Knowledge for Climate Action

Sonajharia Minz

Jawaharlal Nehru University



AI for Agriculture and Food Security

Aliny Reis

Corvian



AI for Forestry

Silvana Amaral Kampel

INPE



AI for Biodiversity & Ecosystems

Benjamin Kellenberger

EPFL

Combining AI and Indigenous Knowledge for Climate Action: A Bird Bioacoustic Monitoring Pipeline — The Lkotkote Case Study

Developed by Douglas Mbura (Lkotkote)



Agricultural Monitoring with Fields of the World (FTW)

Developed by Hannah Kerner (Arizona State University), Caleb Robinson (Microsoft AI for Good Lab), Isaac Corley (Wherobots), Matthias Mohr (Taylor Geospatial Engine), Gedeon Muhawenayo (Arizona State University), Ivan Zvonkov (University of Maryland), Tristan Grupp (World Resources Institute), Nathan Jacobs (Washington University in St Louis)
Revised by Akram Zaytar (Microsoft AI for Good Lab)



Detecting Deforestation from Satellite Image Time Series

Developed by Eduardo Ulises Moya-Sanchez (IIEG Jalisco)



Agile Modeling for Bioacoustic Monitoring

Developed by Jenny Hamer, Rob Laber, and Tom Denton (Google DeepMind, Google)



Society, Policy & Economics



AI for Climate Finance

Malte Toetzke

TU Munich, Max Planck Institute for Innovation and Competition



AI for Public Policy

Carlos Rodriguez-Pardo

Politecnico di Milano, CMCC Foundation



AI for Social Sciences

Mary Sanford

University of Bath, CMCC Foundation

Sea Water Flood Risk Assessment in Egypt using Deep Learning, Sentinel-1 & 2, and Copernicus DEM

Developed by Casper Fibaek and Andreas Luyts (ESA Φ-lab); revised by Nirdesh Kumar Sharma (EarthSense Labs)





AI for Public Health

Joyce Nakatumba-Nabende

Makerere University, Data Science Africa



AI for Risk Assessment, Disaster Management & Relief

Mersedeh TariVerdi

The World Bank

NLP Models for Climate Policy Analysis

Daniel Spokoyny (Carnegie Mellon University), Max Callaghan (Potsdam Institute for Climate Impact Research, MCC-Berlin), Tobias Schimanski (University of Zurich)



Hands-On Outbreak Analytics: Dengue Forecasting with RAG and LLM Evaluation

Avinash Laddha (data.org)



AI for Climate Finance: Estimating Hurricane Wind Value-at-Risk from an AI Weather Ensemble

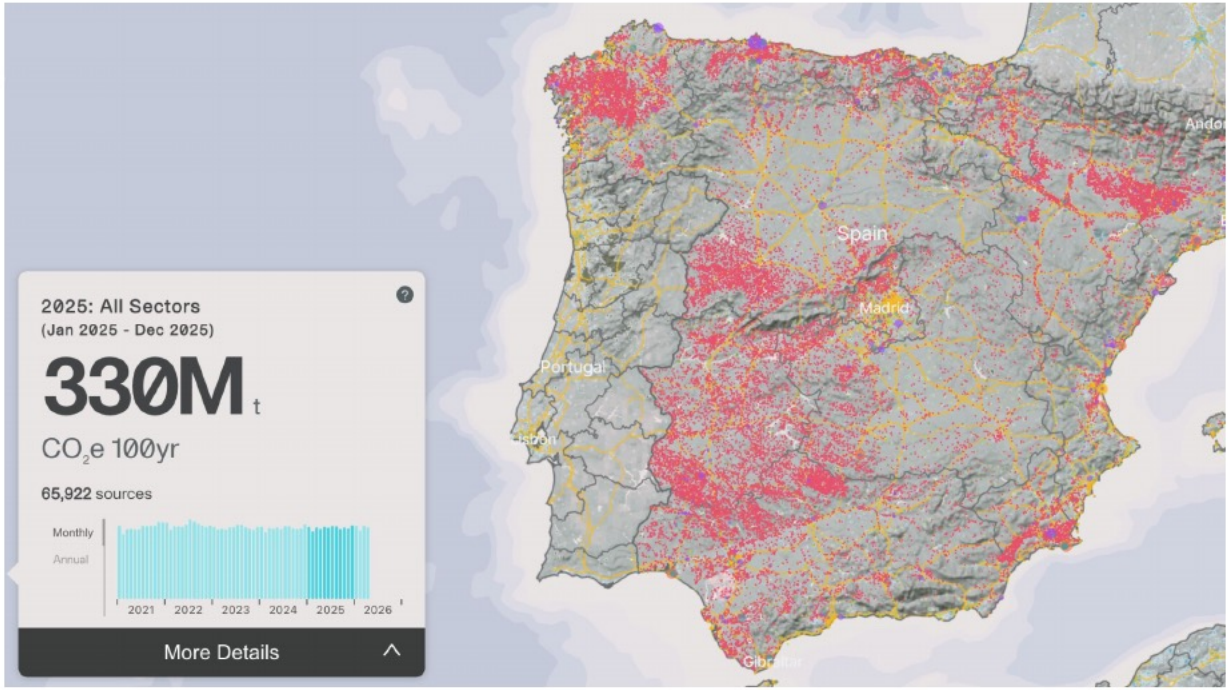
Tristan Ballard (Zeus AI)



Oportunidades en las aplicaciones de IA para el clima

Oportunidades en las aplicaciones de IA para el clima

Recopilar información
inundaciones, deforestación, infraestructuras, cultivos, biodiversidad



Fuente: Climate TRACE

Oportunidades en las aplicaciones de IA para el clima

Recopilar información
inundaciones, deforestación, infraestructuras, cultivos, biodiversidad

Previsión
energías renovables, demanda de transporte, fenómenos extremos

Forecast 4 Africa
by AfriClimate AI



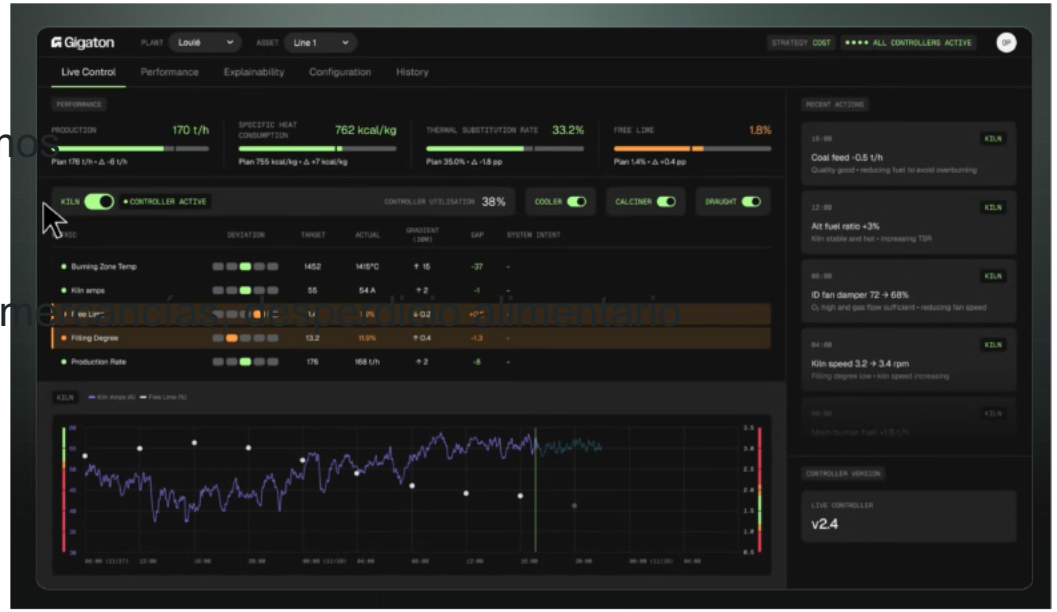
Fuente: African Farming

Oportunidades en las aplicaciones de IA para el clima

Recopilar información
inundaciones, deforestación, infraestructuras, cultivos, biodiversidad

Previsión
energías renovables, demanda de transporte, fenómenos extremos

Optimizar sistemas complejos
electricidad y energía, calefacción y refrigeración, transporte de mercancías, despegue aeroportuario



Fuente: Gigaton

Oportunidades en las aplicaciones de IA para el clima

Recopilar información
inundaciones, deforestación, infraestructuras, cultivos, biodiversidad

Previsión
energías renovables, demanda de transporte, fenómenos extremos

Optimizar sistemas complejos
electricidad y energía, calefacción y refrigeración, transporte de mercancías, desperdicio alimentario

Mantenimiento predictivo
fugas de metano, infraestructuras resilientes



Fuente: East Japan Railway Company

Oportunidades en las aplicaciones de IA para el clima

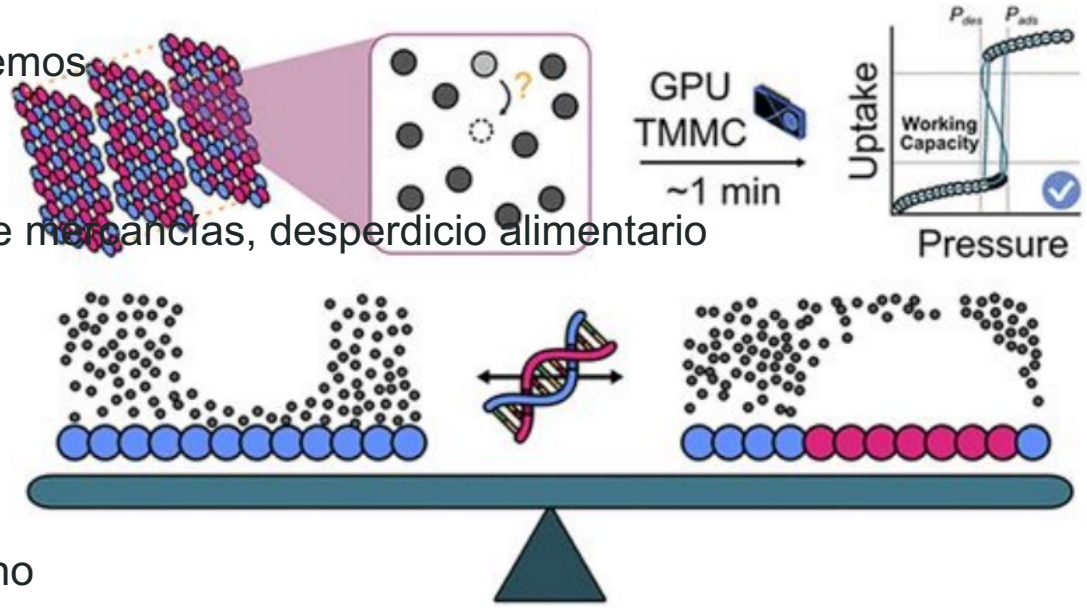
Recopilar información
inundaciones, deforestación, infraestructuras, cultivos, biodiversidad

Previsión
energías renovables, demanda de transporte, fenómenos extremos

Optimizar sistemas complejos
electricidad y energía, calefacción y refrigeración, transporte de mercancías, desperdicio alimentario

Mantenimiento predictivo
fugas de metano, infraestructuras resilientes

Acelerar la experimentación científica
baterías, electrocombustibles, catalizadores, captura de carbono



Fuente: Prelesnik et al. 2026

Oportunidades en las aplicaciones de IA para el clima

Recopilar información
inundaciones, deforestación, infraestructuras, cultivos, biodiversidad

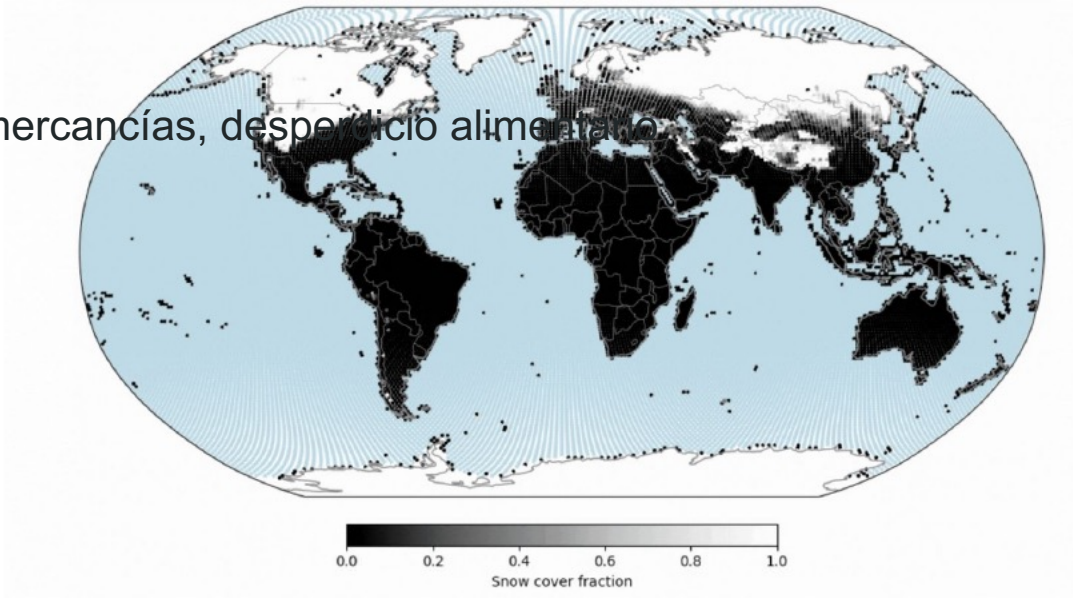
Previsión
energías renovables, demanda de transporte, fenómenos extremos

Optimizar sistemas complejos
electricidad y energía, calefacción y refrigeración, transporte de mercancías, desperdicio alimentario

Mantenimiento predictivo
fugas de metano, infraestructuras resilientes

Acelerar la experimentación científica
baterías, electrocombustibles, catalizadores, captura de carbono

Aproximar simulaciones muy costosas en tiempo
clima, energía, planificación urbana



Fuente: ECMWF / Destination Earth

Oportunidades en las aplicaciones de IA para el clima

Recopilar información
inundaciones, deforestación, infraestructuras, cultivos, biodiversidad

Previsión
energías renovables, demanda de transporte, fenómenos extremos

Optimizar sistemas complejos
electricidad y energía, calefacción y refrigeración, transporte de mercancías, desperdicio alimentario

Mantenimiento predictivo
fugas de metano, infraestructuras resilientes

Acelerar la experimentación científica
baterías, electrocombustibles, catalizadores, captura de carbono

Aproximar simulaciones muy costosas en tiempo
clima, energía, planificación urbana

Gestión de datos
emparejamiento, cotejo, fusión y aumento de datos

Platform	Format	Version	User Types	Use Cases
PUDL Data Viewer	Parquet, CSV	`nightly`	Data Explorer, Spreadsheet Analyst, Jupyter Notebook User	Explore PUDL data interactively in a web browser, including hourly timeseries data. Select data to download as CSVs for local analysis in spreadsheets. Download full tables as Parquet files to play with programmatically.
Kaggle	SQLite, Parquet	`nightly`	Data Scientist, Data Analyst, Jupyter Notebook User	Work with PUDL data products in Jupyter Notebooks via the web with minimal setup. Explore curated and contributed analyses and visualizations using PUDL data. notebooks. Create and share your own interactive notebooks using PUDL data.
Cloud Storage	SQLite, Parquet	`nightly`, `stable`	Data Scientist, Analytics Engineer, Data Engineer, Cloud Developer	Performant remote queries of clearly versioned PUDL Parquet outputs from cloud computing platforms or GitHub Actions. Fast bulk download of SQLite or Parquet outputs for local use. Parquet based data warehouse for large-scale data analysis in the cloud. Integrates well with Pandas, DuckDB, and other dataframe libraries.
Zenodo Archives	SQLite, Parquet	`stable`	Researcher, Publisher, Archivist	Access a specific, immutable version of the PUDL data by DOI for citation in academic publications or other applications where long-term reproducibility is needed. Web-based bulk download of data for local analysis.

Fuente: Catalyst Cooperative / Public Utility Data Liberation Project

Oportunidades en las aplicaciones de IA para el clima

Recopilar información
inundaciones, deforestación, infraestructuras, cultivos, biodiversidad

Previsión
energías renovables, demanda de transporte, fenómenos extremos

Optimizar sistemas complejos
electricidad y energía, calefacción y refrigeración, transporte de mercancías, desperdicio alimentario

Mantenimiento predictivo
fugas de metano, infraestructuras resilientes

Acelerar la experimentación científica
baterías, electrocombustibles, catalizadores, captura de carbono

Aproximar simulaciones muy costosas en tiempo
clima, energía, planificación urbana

Gestión de datos
emparejamiento, cotejo, fusión y aumento de datos

¿Qué queremos ilustrar aquí?

Diversidad de

- sectores / problemas relevantes
- lugares / contextos geográficos
- tipos de IA
- tipos de organizaciones implicadas

No existe una (ni siquiera 100) «mejores» aplicaciones de la IA para el clima

Los proyectos valiosos suelen ser muy específicos

A menudo lejos de los proyectos de IA (y clima) que salen en las noticias

Cómo ha avanzado el ámbito de la IA para el clima

Innovaciones en métodos de AA (p. ej. modelos de difusión) relevantes para ciertas aplicaciones (p. ej. ciencia del clima)

Maduración de áreas del AA guiadas por aplicaciones (p. ej. AA informado por la física)

Muchos proyectos han superado la prueba de concepto (p. ej. herramientas geoespaciales)

Auge de subcomunidades interdisciplinarias con experiencia en IA (p. ej. energía, ecología)

Cómo ha cambiado el discurso en los últimos años

El clima se percibe ahora como área emblemática de la «IA para el bien», junto con la salud

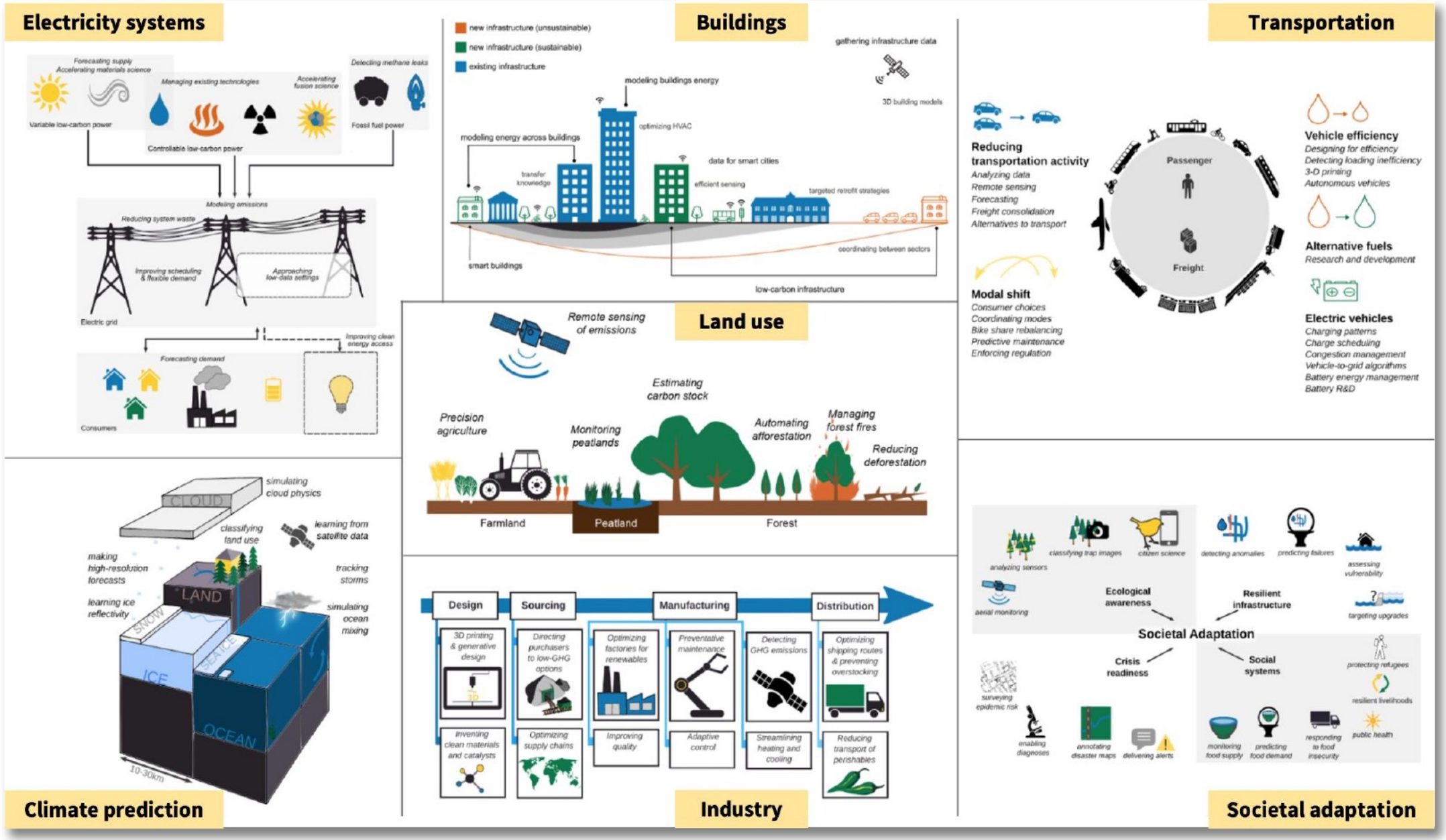
Gran visibilidad de la IA: más interés (para bien y para mal)

Atención pública en los grandes modelos generativos (p. ej. ChatGPT), confundidos con otras IA

Enorme aumento del consumo de energía y de los centros de datos por los grandes modelos generativos

Estas tendencias han creado la percepción de que la innovación en IA pasa por la centralización

La «democratización» de la IA suele referirse a más usuarios, en lugar de a más «creadores»


Electricity systems
Forecasting supply
Accelerating materials science
Managing existing technologies
Accelerating fusion science
Detecting methane leaks
Variable low-carbon power
Controllable low-carbon power
Fossil fuel power
Modeling emissions
Reducing system waste
Improving scheduling & flexible demand
Approaching low-data settings
Electric grid
Improving clean energy access
Forecasting demand
Consumers
Buildings
new infrastructure (unsustainable)
new infrastructure (sustainable)
existing infrastructure
gathering infrastructure data
3D building models
modeling buildings energy
optimizing HVAC
modeling energy across buildings
transfer knowledge
data for smart cities
efficient sensing
targeted retrofit strategies
coordinating between sectors
smart buildings
low-carbon infrastructure
Transportation
Reducing transportation activity
Anafyzing data
Remote sensing
Forecasting
Freight consolidation
Alternatives to transport
Passenger
Freight
Vehicle efficiency
Designing for efficiency
Detecting loading inefficiency
3-D printing
Autonomous vehicles
Alternative fuels
Research and development
Modal shift
Consumer choices
Coordinating modes
Bike share rebalancing
Predictive maintenance
Enforcing regulation
Electric vehicles
Charging patterns
Charge scheduling
Congestion management
Vehicle-to-grid algorithms
Battery energy management
Battery R&D
Land use
Remote sensing of emissions
Estimating carbon stock
Precision agriculture
Monitoring peatlands
Automating afforestation
Managing forest fires
Reducing deforestation
Farmland
Peatland
Forest
Climate prediction
simulating cloud physics
CLOUD
classifying land use
learning from satellite data
making high-resolution forecasts
tracking storms
learning ice reflectivity
simulating ocean mixing
LAND
SNOW
ICE
SEA ICE
OCEAN
10-30km
Industry
Design
Sourcing
Manufacturing
Distribution
3D printing & generative design
Directing purchasers to low-GHG options
Optimizing factories for renewables
Preventative maintenance
Detecting GHG emissions
Optimizing shipping routes & preventing overstocking
Inventing clean materials and catalysts
Optimizing supply chains
Improving quality
Adaptive control
Streamlining heating and cooling
Reducing transport of perishables
Societal adaptation
analyzing sensors
classifying trap images
citizen science
detecting anomalies
predicting failures
assessing vulnerability
aerial monitoring
Ecological awareness
Resilient infrastructure
targeting upgrades
Societal Adaptation
Crisis readiness
Social systems
surveying epidemic risk
protecting refugees
resilient livelihoods
enabling diagnoses
annotating disaster maps
delivering alerts
monitoring food supply
predicting food demand
responding to food insecurity
public health

💬Escriba su respuesta en el chat de Zoom

Mencione una organización que conozca que explore o cree soluciones de IA para el clima.

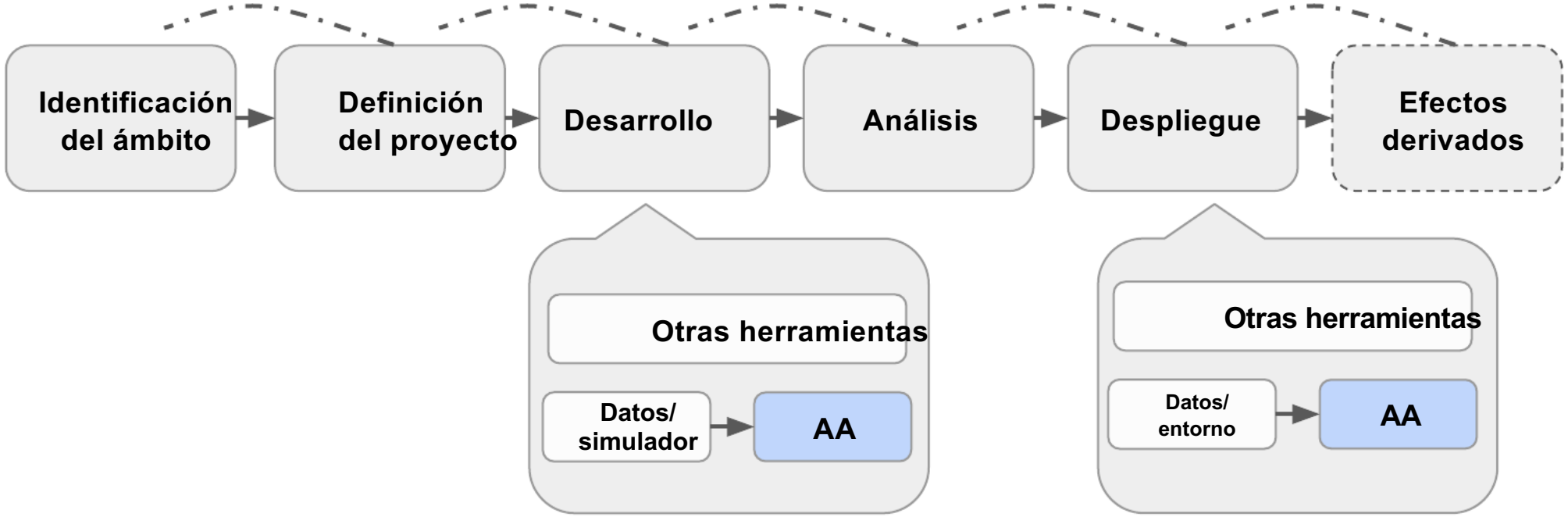
Puede indicar en pocas palabras qué problema intenta resolver.

Índice

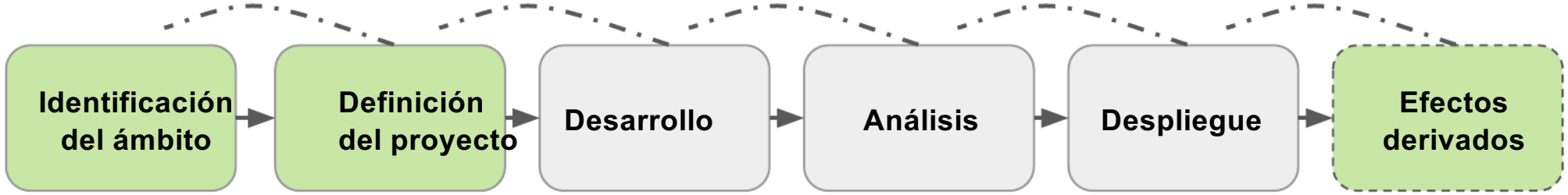
Pausa de 5 minutos

Por qué	Marco: cambio climático y acción climática
Qué	Marco: IA y aprendizaje automático (AA)
Qué	Funciones tecnológicas de la IA para la acción climática
Cómo	Consideraciones para el desarrollo y el despliegue
Cuáles	Enfoques de aprendizaje automático para problemas climáticos
Cómo	Buenas prácticas: enfoques, recursos y herramientas

AA para el clima: el camino hacia el impacto



AA para el clima: el camino hacia el impacto

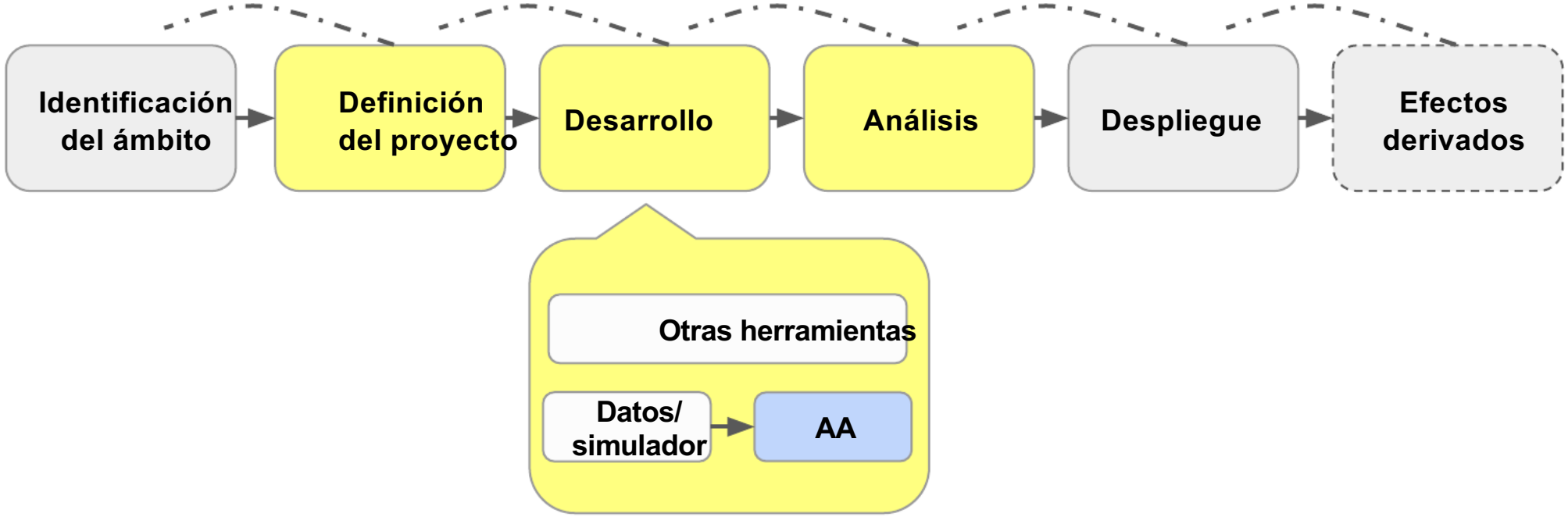


¿Qué partes interesadas participan en la aplicación o se ven afectadas por ella?

¿Cuál es el alcance del impacto?

¿Cuál es el horizonte temporal del impacto?

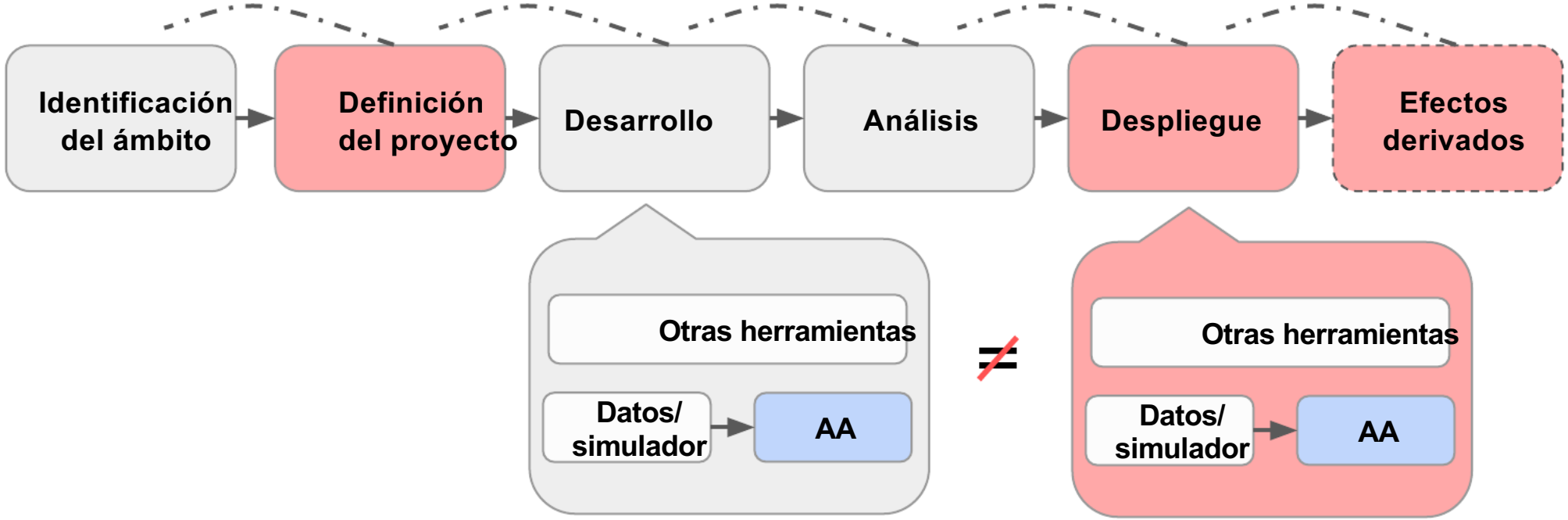
AA para el clima: el camino hacia el impacto



¿Es la IA/el AA adecuada y necesaria para el problema?

¿Qué probabilidad hay de encontrar una solución?

AA para el clima: el camino hacia el impacto



¿Se puede desplegar una solución en la práctica?

¿Qué efectos secundarios podría tener desplegar la solución?

Las nuevas aplicaciones requieren nuevas infraestructuras especializadas

Datos: recopilación, anotación, cotejo, inferencia y/o licencias

- Nota: «datos» puede significar cosas distintas para distintas comunidades

Simuladores: necesarios para innovar en ámbitos físicos

- P. ej. sistemas eléctricos, transporte, edificios, industria pesada

Métricas de evaluación: requieren acuerdo e iteración entre investigadores de AA,

investigadores del ámbito, operadores y otras partes afectadas

Recursos y espacios

- Datos deseados (CCAI) (https://www.climatechange.ai/dev/datagaps)
- Financiación del Lacuna Fund para datos climáticos
- NeurIPS Datasets and Benchmarks

Quién participa en el desarrollo del AA es clave

Las aplicaciones de AA de alto impacto no siempre son llamativas

El conocimiento y la experiencia del ámbito son esenciales para tecnologías desplegables

Colaboración interdisciplinaria

- Definir los problemas adecuados
- Incorporar información relevante del ámbito
- Trazar caminos hacia el impacto

Consideraciones de equidad

- Empoderar a partes interesadas diversas
- Seleccionar y priorizar problemas
- Garantizar datos representativos

Desarrollar IA con enfoques responsables, orientados al impacto y centrados en la equidad

Evitar el tecnosolucionismo

- *La IA no es una solución mágica*
- *Donde se aplica, es solo una parte de la estrategia*

Mitigar los sesgos en datos y modelos

- *P. ej. datos de edificios: discriminación en la vivienda, disponibilidad desigual según la zona*
- *P. ej. modelos meteorológicos: la calibración puede estar optimizada para ciertas regiones*

Mejorar la fiabilidad y la rendición de cuentas

- *Seguridad y robustez: clave p. ej. en sistemas eléctricos y operaciones industriales*
- *Interpretabilidad y auditabilidad: clave p. ej. en la elaboración de políticas*

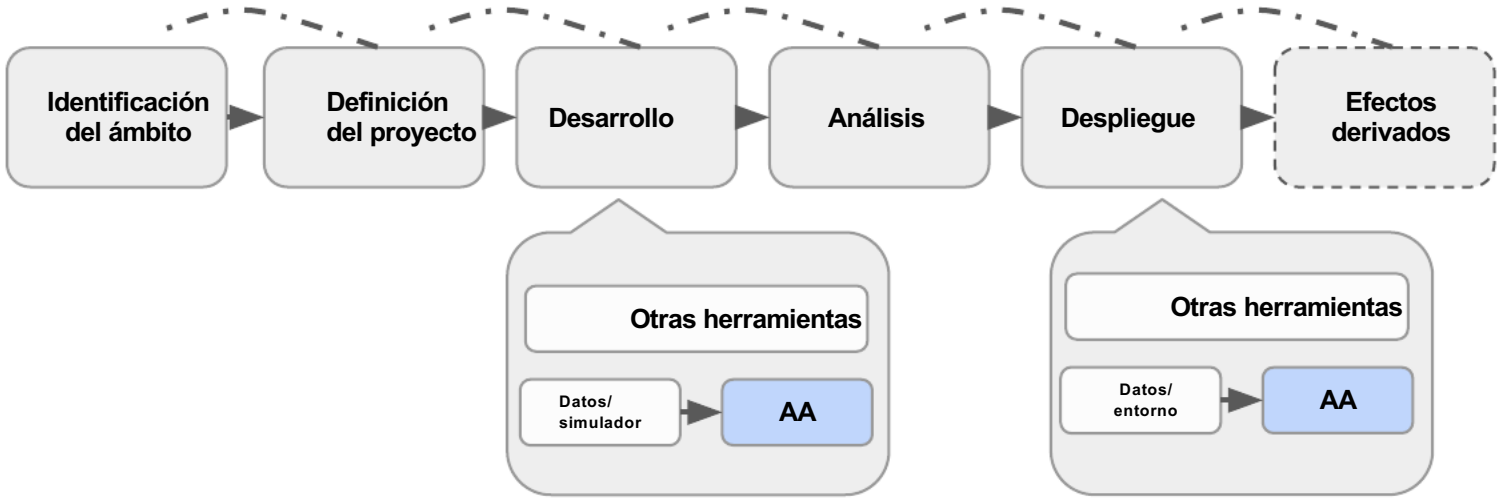
Situar en el centro la equidad y la justicia climática

- *Centrar a partes interesadas diversas: p. ej. agricultura industrial vs. pequeños productores*
- *Evitar la centralización del poder: acceso democratizado a capacidades y cómputo*
- *Evitar el colonialismo digital: p. ej. contadores inteligentes, análisis de teledetección*

Una IA para el clima con impacto requiere un enfoque sociotécnico

Considerar todo el camino hacia el impacto, incluidos

- Datos, simuladores, métricas
- IA responsable y consideraciones climáticas
- Participación de las partes interesadas

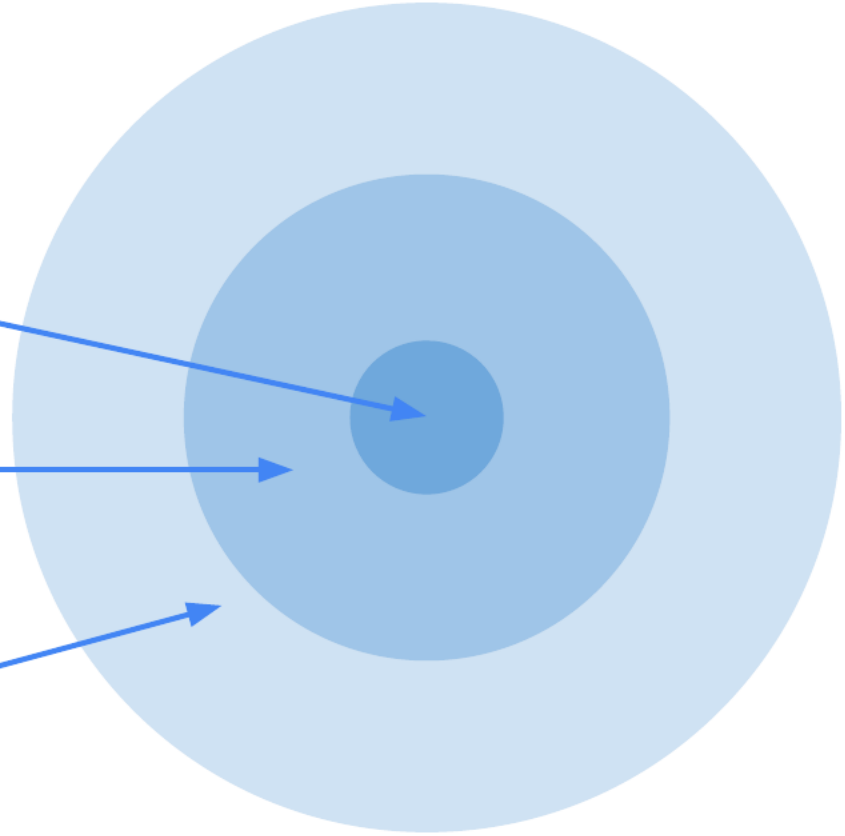


Una IA responsable y ética requiere una perspectiva integral

Consideraciones a nivel de proyecto (cómo llevarlo a cabo)

Elección de proyectos (dónde se usa la IA, quién se beneficia realmente de los proyectos de IA)

Impactos sistémicos y geopolíticos de las trayectorias de la IA (inversiones, extracción y cadenas de suministro, capacidades, etc.)



Una relación con múltiples facetas entre IA y clima

Aplicaciones de la IA
para la acción climátic

Impactos del cómputo
y el hardware
de la IA

Aplicaciones de la IA
con impactos inciertos
o sistémicos

Aplicaciones de la IA que
aumentan las emisiones



Responsible & Ethical AI

Virginia Dignum
Umeå University



Intro to AI Policy & Regulation

Costa Samaras
Carnegie Mellon University



Shaping Your AI-for-Climate Project in Practice

Dina Machuve
DevData Analytics, Data Science Africa



Intro to Climate Policy & Regulation

Vaibhav Chugh
Council on Energy, Environment and Water (CEEW)



Sustainability Impacts of AI

Nikola Milojević-Dupont
Climate Change AI

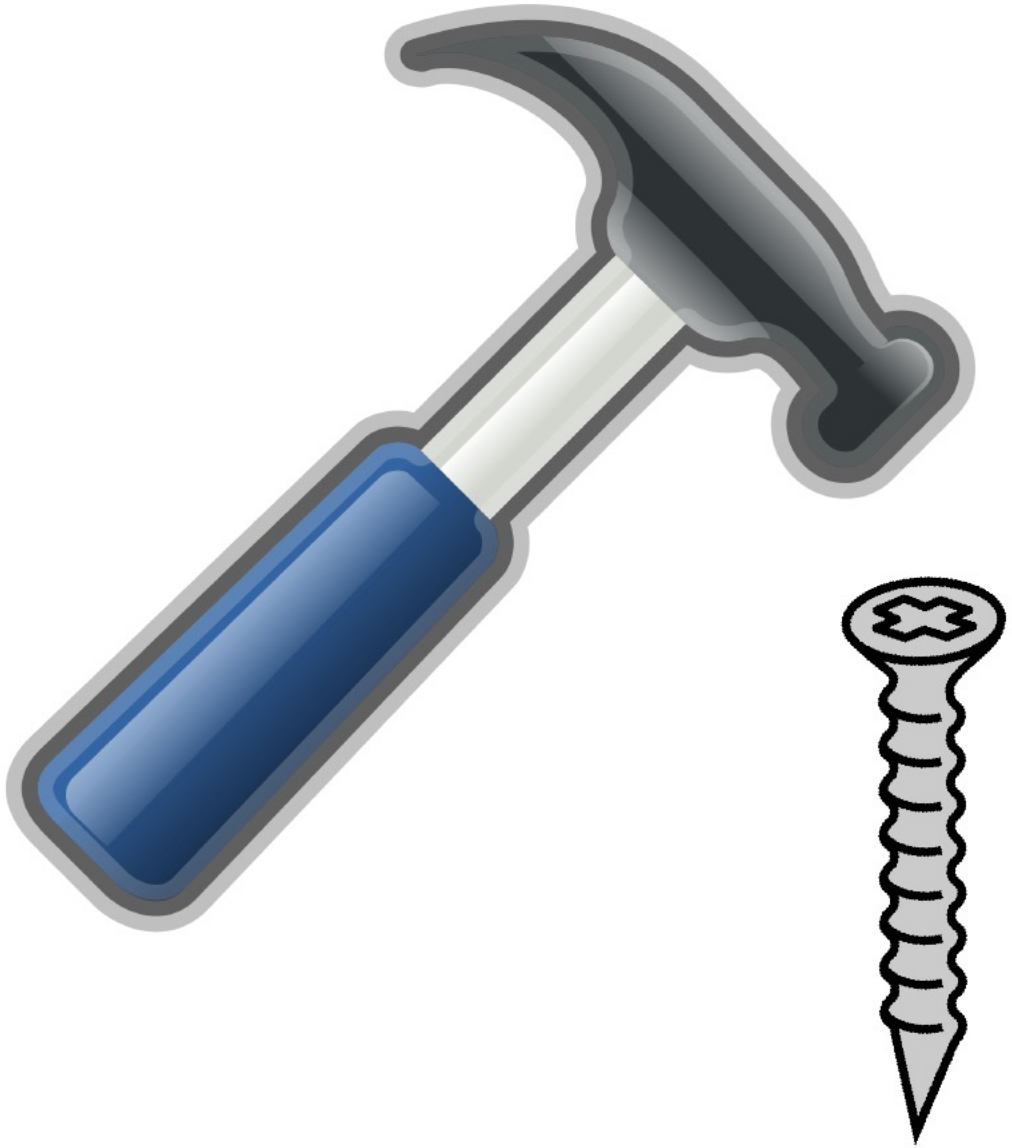
Reducing your Climate Impact when Training ML Models

Melanie Hanna (Quanata), Andres Felipe Perez Murcia (Uni. of Manitoba)



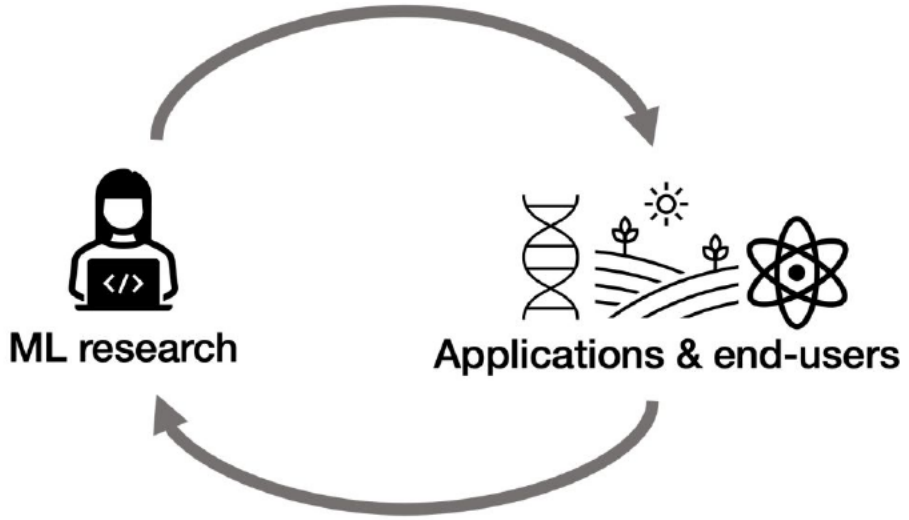

Índice

Por qué	Marco: cambio climático y acción climática
Qué	Marco: IA y aprendizaje automático (AA)
Qué	Funciones tecnológicas de la IA para la acción climática
Cómo	Consideraciones para el desarrollo y el despliegue
Cuáles	Enfoques de aprendizaje automático para problemas climáticos
Cómo	Buenas prácticas: enfoques, recursos y herramientas




Flathead
Phillips
Torx
Robertson
Hex
Pozidriv
Tri-Wing

Los retos climáticos pueden impulsar la innovación tecnológica climática

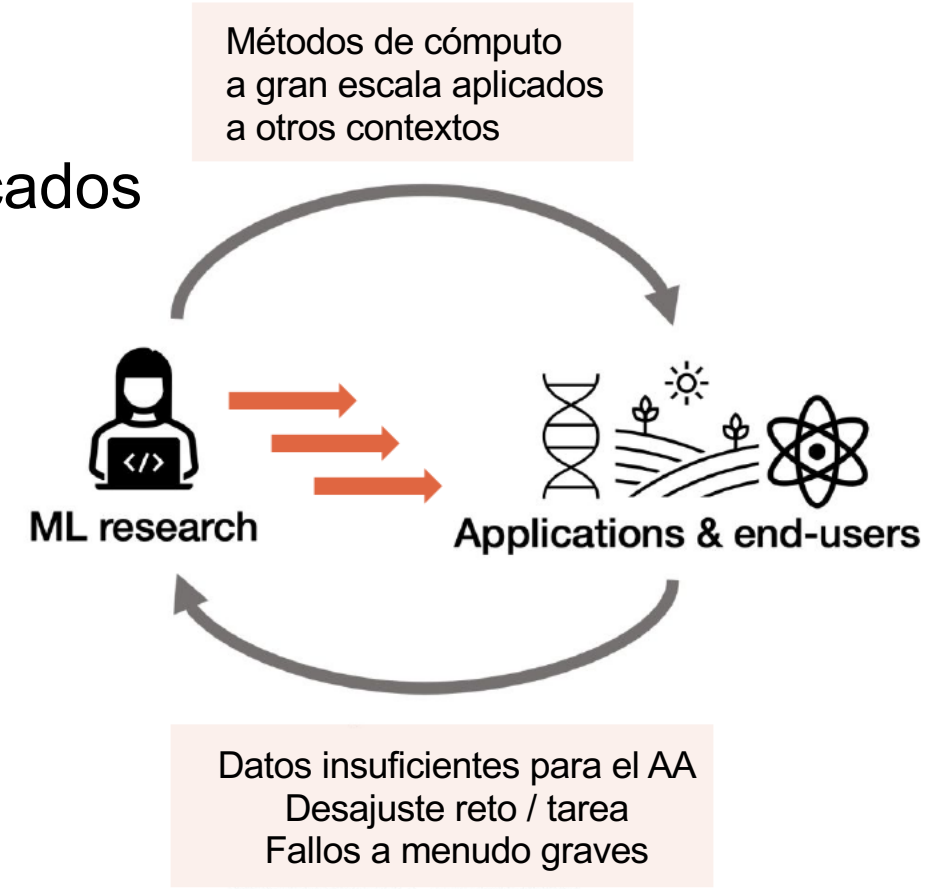


Véase: David Rolnick, Alan Aspuru-Guzik, Sara Beery, Bistra Dilkina, Priya L. Donti, Marzyeh Ghassemi, Hannah Kerner et al. "Position: Application-Driven Innovation in Machine Learning." International Conference on Learning Representations (2024).

Los métodos de AA estándar tienden a fallar en contextos «no estándar»

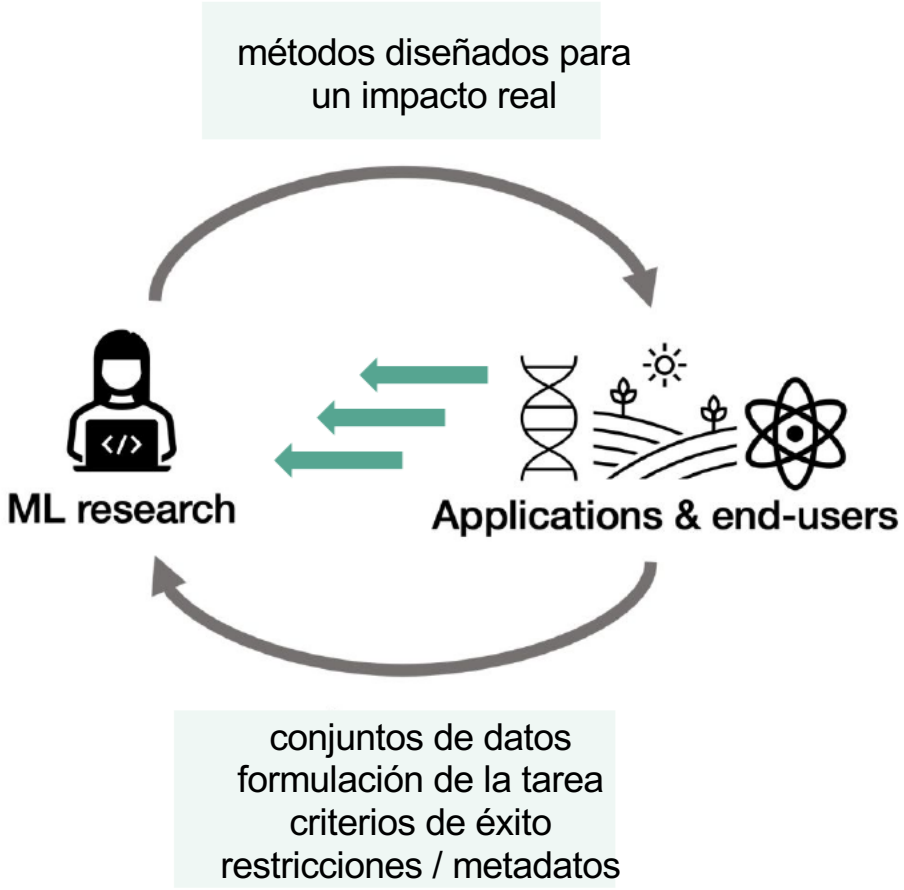
Enfoque descendente

Métodos de IA de vanguardia aplicados a problemas climáticos



Véase: David Rolnick, Alan Aspuru-Guzik, Sara Beery, Bistra Dilkina, Priya L. Donti, Marzyeh Ghassemi, Hannah Kerner et al. "Position: Application-Driven Innovation in Machine Learning." International Conference on Learning Representations (2024).

Los retos climáticos deben guiar la innovación tecnológica climática



Enfoque ascendente

Las aplicaciones climáticas moldean la innovación en IA para el clima

Ejemplos de requisitos para métodos de AA:

- **Optimización de la red: cumplir** las restricciones técnicas
- **Previsión meteorológica: manejar datos escasos,** según la región
- **Detección de incendios con drones: funcionar** eficientemente en dispositivos de bajo consumo

Véase: David Rolnick, Alan Aspuru-Guzik, Sara Beery, Bistra Dilkina, Priya L. Donti, Marzyeh Ghassemi, Hannah Kerner et al. "Position: Application-Driven Innovation in Machine Learning." International Conference on Learning Representations (2024).

Contextos diversos requieren enfoques diversos

Paradigma dominante del AA (p. ej.)

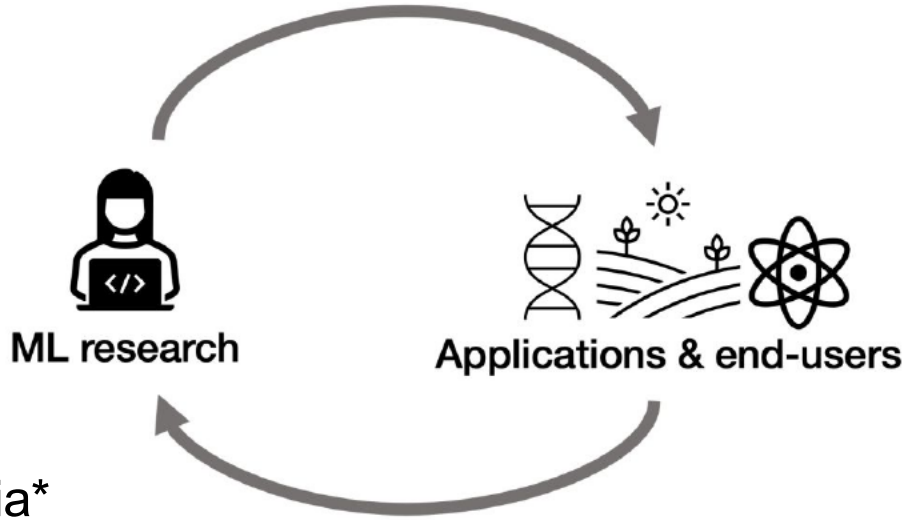
Macrodatos

Gran capacidad de cómputo

El cómputo no es un límite

Los datos lo son todo

Rendimiento = exactitud media*



Ámbitos de la IA para el clima (p. ej.)

Menos datos; datos difíciles de mover

Menos cómputo; dispositivos periféricos; reducir energía/emisiones

Conocimiento útil de la tarea/el ámbito

Conjunto diverso de métricas
(p. ej. exactitud ponderada por grupos, seguridad, robustez, privacidad, interpretabilidad, explicabilidad, cuantificación de la incertidumbre…)

Véase también: Birhane, Abeba, et al. "The values encoded in machine learning research." ACM Conference on Fairness, Accountability, and *Transparency . 2022.*

💬Escriba su respuesta en el chat de Zoom

Piense en una aplicación climática en su contexto local.

¿Qué requisito «no estándar» tendría que cumplir un sistema de IA/AA para ser realmente útil en su aplicación?

Piense en datos, métricas de rendimiento, restricciones y coherencia con el conocimiento existente.

Oportunidades en las aplicaciones de IA para el clima

Recopilar información
inundaciones, deforestación, infraestructuras, cultivos, biodiversidad

Previsión
energías renovables, demanda de transporte, fenómenos extremos

Optimizar sistemas complejos
electricidad y energía, calefacción y refrigeración, transporte de mercancías, desperdicio alimentario

Mantenimiento predictivo
fugas de metano, infraestructuras resilientes

Acelerar la experimentación científica
baterías, electrocombustibles, catalizadores, captura de carbono

Aproximar simulaciones muy costosas en tiempo
clima, energía, planificación urbana

Gestión de datos
emparejamiento, cotejo, fusión y aumento de datos

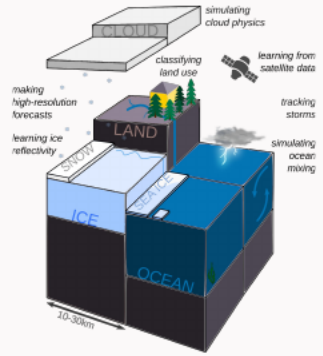
Fronteras metodológicas relevantes para el clima

AA informado por la física

AA seguro y robusto

Predicción climática

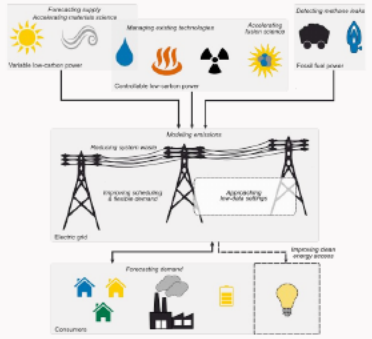
Modelización de la Tierra, la atmósfera y los océanos



Sistemas eléctricos

Optimización de parques eólicos

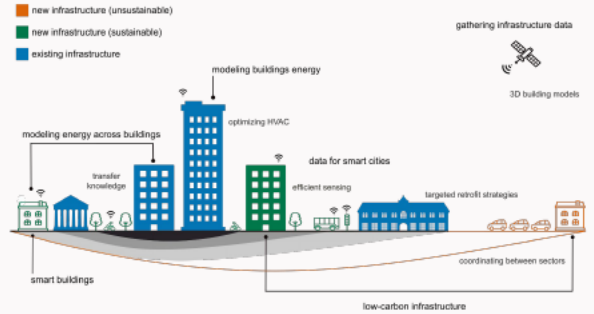
Optimización y control de sistemas eléctricos



Edificios y ciudades

Simulaciones ambientales urbanas

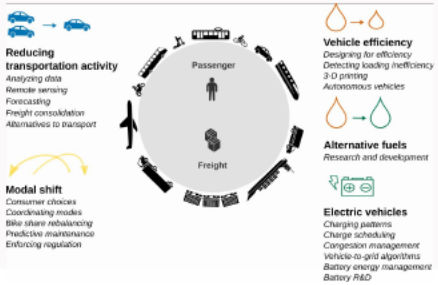
Control de calefacción y refrigeración de edificios



Transporte

Modelización de la eficiencia aerodinámica

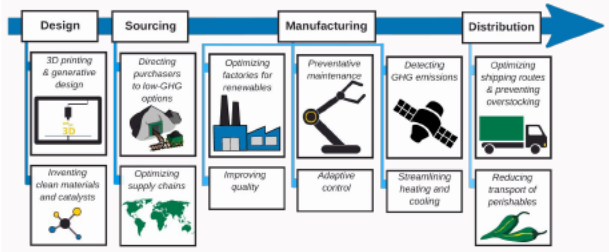
I+D de baterías y combustibles alternativos



Industria

Control de equipos y respuesta de la demanda

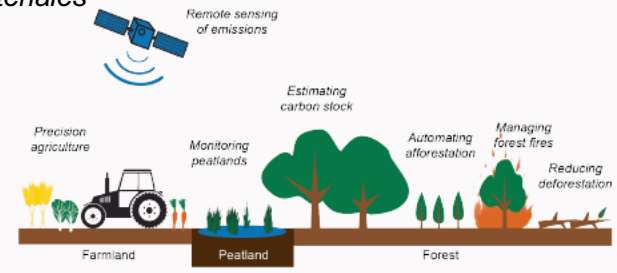
Diseño de estructuras con menos materiales



Uso del suelo (agricultura)

Agricultura de precisión

Producción de amoníaco más limpia



Véase también: Priya L. Donti, David Rolnick, Lynn H. Kaack, “Climate Change and ML: Opportunities, Challenges, and Considerations,” ICML 2022 tutorial.

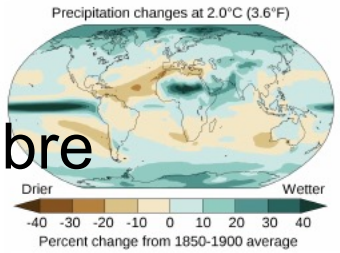
Fronteras metodológicas relevantes para el clima

AA informado por la física

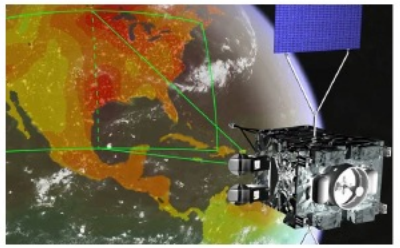
AA seguro y robusto

AA interpretable

Cuantificación de la incertidumbre



Comprensión científica y predicciones del cambio climático



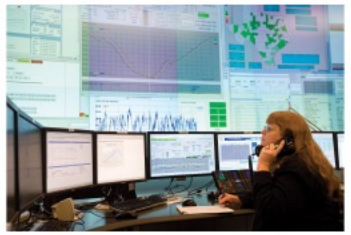
Seguimiento, notificación y verificación de emisiones y efectos del cambio climático



Alerta temprana y respuesta a emergencias



Elaboración de políticas a nivel internacional, nacional y local



Planificación y operación de infraestructuras críticas



Innovación y evaluación tecnológica

Véase también: Priya L. Donti, David Rolnick, Lynn H. Kaack, “Climate Change and ML: Opportunities, Challenges, and Considerations,” ICML 2022 tutorial.

Fronteras metodológicas relevantes para el clima

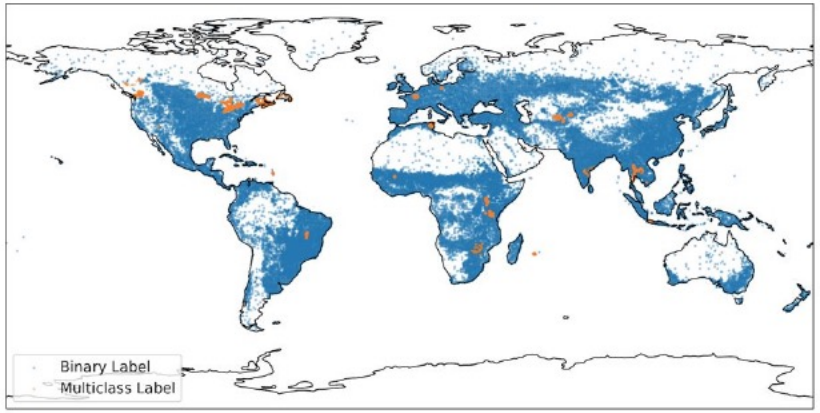
AA informado por la física

AA seguro y robusto

AA interpretable

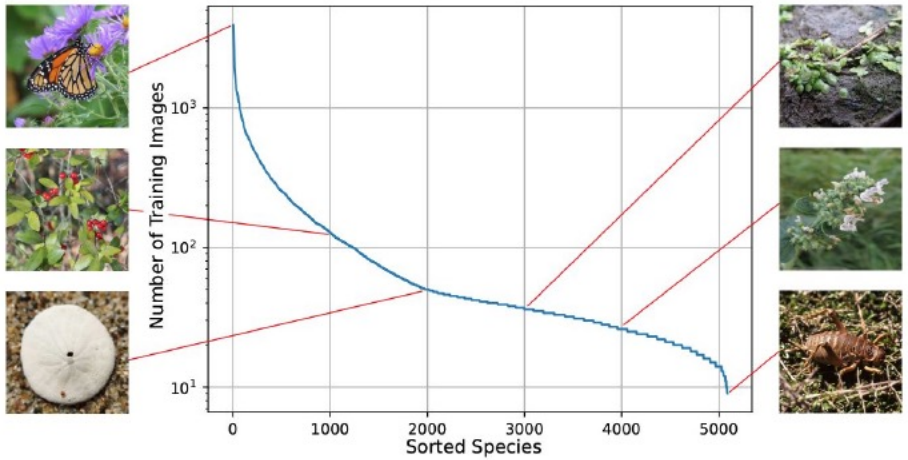
Cuantificación de la incertidumbre

Generalización
(espaciotemporal, deriva conceptual, datos limitados)



G. Tseng, et al., "CropHarvest: A global dataset for crop-type classification," NeurIPS 2021 Datasets and Benchmarks Track.

G. Van Horn et al., "The iNaturalist species classification and detection dataset," CVPR 2018.



Véase también: Priya L. Donti, David Rolnick, Lynn H. Kaack, “Climate Change and ML: Opportunities, Challenges, and Considerations,” ICML 2022 tutorial.

Fronteras metodológicas relevantes para el clima

AA informado por la física

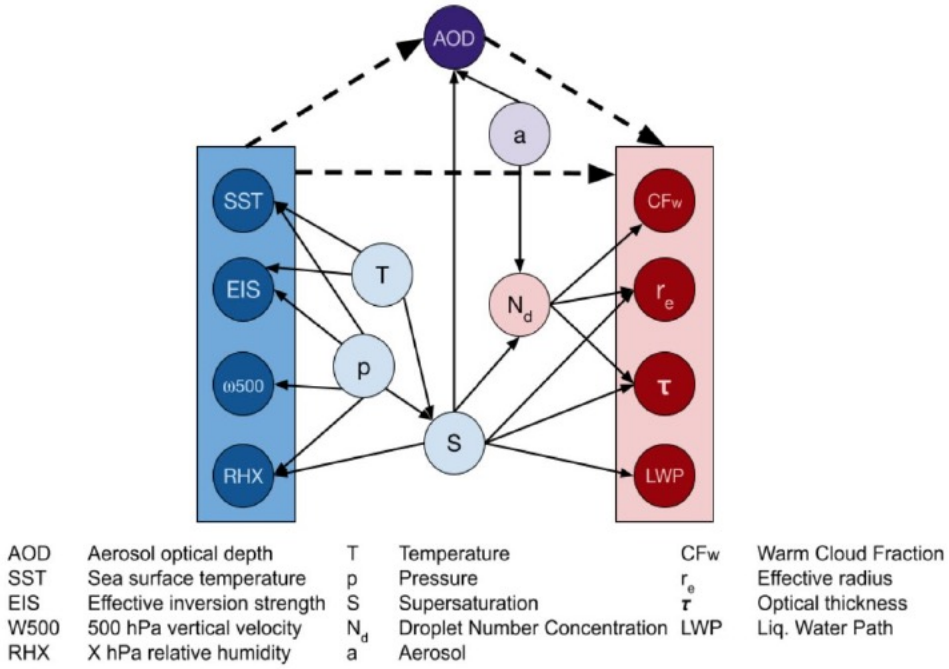
AA seguro y robusto

AA interpretable

Cuantificación de la incertidumbre

Generalización
(espaciotemporal, deriva conceptual, datos limitados)

Causalidad



A. Jesson et al., "Using non-linear causal models to study aerosol-cloud interactions in the southeast Pacific," Tackling Climate Change with Machine Learning workshop at NeurIPS 2021 .

Véase también: Priya L. Donti, David Rolnick, Lynn H. Kaack, “Climate Change and ML: Opportunities, Challenges, and Considerations,” ICML 2022 tutorial.

Fronteras metodológicas relevantes para el clima

AA informado por la física

AA seguro y robusto

AA interpretable

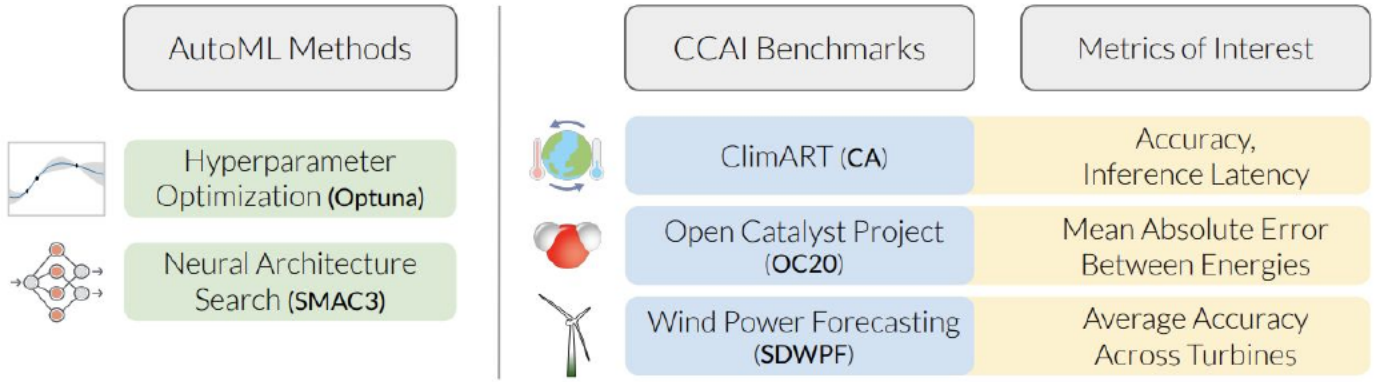
Cuantificación de la incertidumbre

Generalización
(espaciotemporal, deriva conceptual, datos limitados)

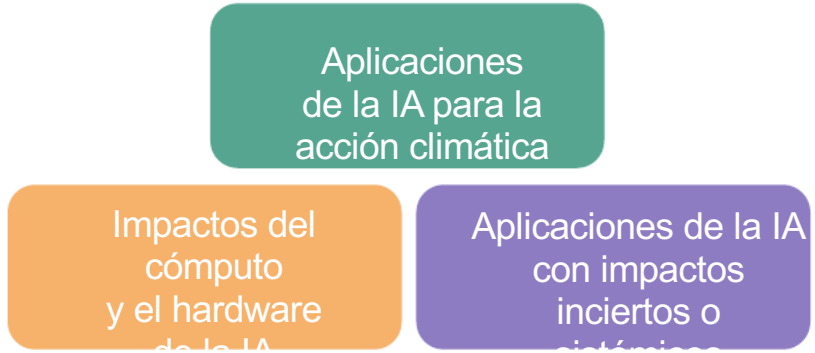
Causalidad

AA energéticamente eficiente y TinyML

AutoML



Tu, Renbo, et al. "AutoML for climate change: A call to action." Tackling *Climate Change with Machine Learning workshop at NeurIPS 2022* .

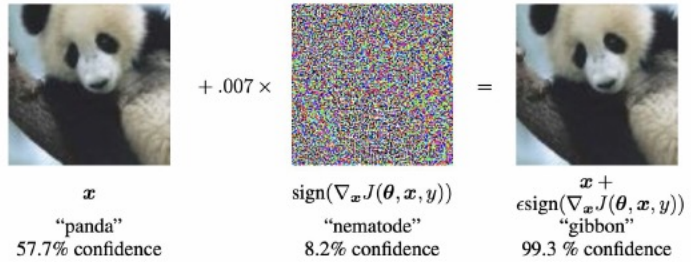


Véase también: Priya L. Donti, David Rolnick, Lynn H. Kaack, “Climate Change and ML: Opportunities, Challenges, and Considerations,” ICML 2022 tutorial.

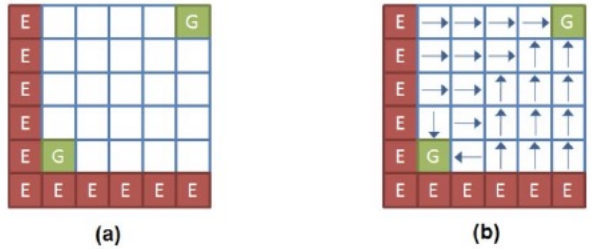
Retos compartidos que difieren según el contexto

Ejemplo: distintas nociones de seguridad y robustez

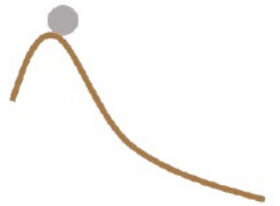
Robustez adversarial [AA]: robustez ante perturbaciones de las entradas



Aprendizaje por refuerzo seguro [AA]: evitar estados de error o escenarios catastróficos



Control robusto [p. ej. sistemas eléctricos, edificios]: llevar el sistema al equilibrio (p. ej. estabilidad de Lyapunov)

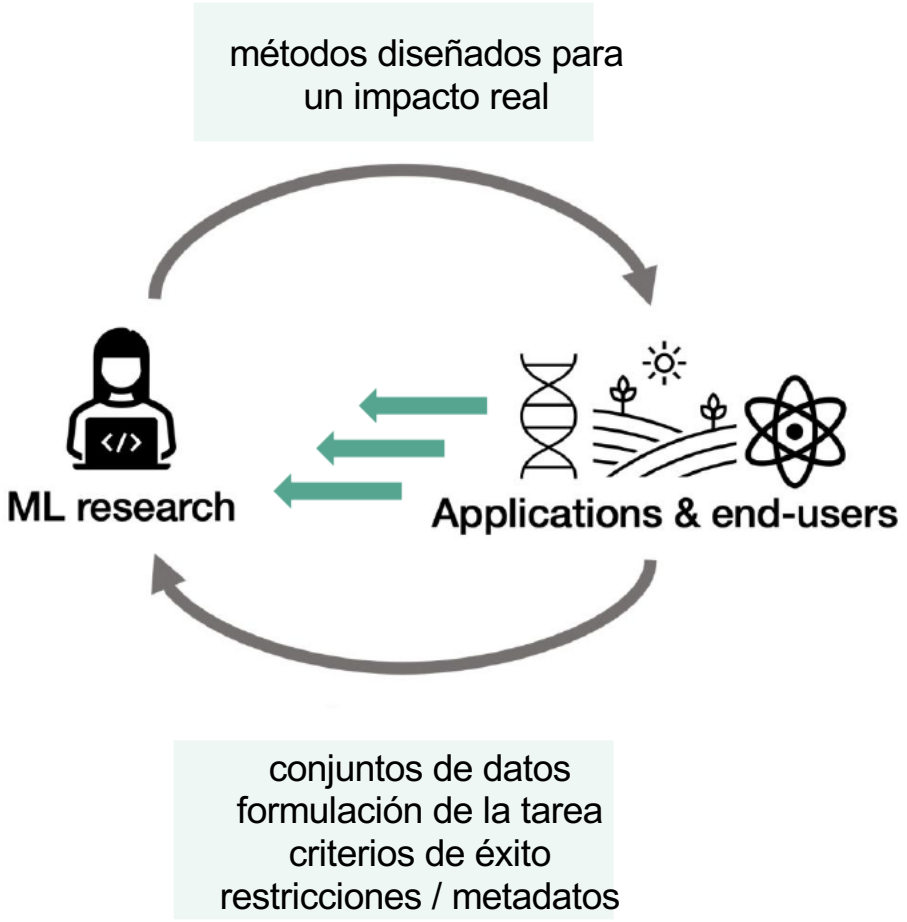


Viabilidad física [p. ej. sistemas eléctricos, ciencia del clima]: garantizar que se cumplen las ecuaciones físicas



Fuente de la figura de robustez adversarial: Goodfellow, I. J., Shlens, J., & Szegedy, C. (2015). Explaining and harnessing adversarial examples. ICLR.
Fuente de la figura de RL seguro: Garcıa, J., & Fernández, F. (2015). A comprehensive survey on safe reinforcement learning. JMLR, 16 (1), 1437-1480.

Conclusión: la innovación en IA debe guiarse por las necesidades de los problemas climáticos



Véase: David Rolnick, Alan Aspuru-Guzik, Sara Beery, Bistra Dilkina, Priya L. Donti, Marzyeh Ghassemi, Hannah Kerner et al. "Position: Application-Driven Innovation in Machine Learning." International Conference on Learning Representations (2024).

Índice

Por qué	Marco: cambio climático y acción climática
Qué	Marco: IA y aprendizaje automático (AA)
Qué	Funciones tecnológicas de la IA para la acción climática
Cómo	Consideraciones para el desarrollo y el despliegue
Cuáles	Enfoques de aprendizaje automático para problemas climáticos
Cómo	Buenas prácticas: enfoques, recursos y herramientas

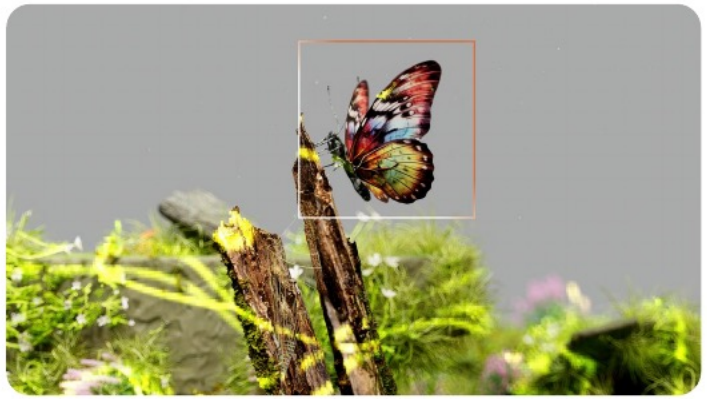
Representar la IA de forma integral: beneficios, daños e impactos



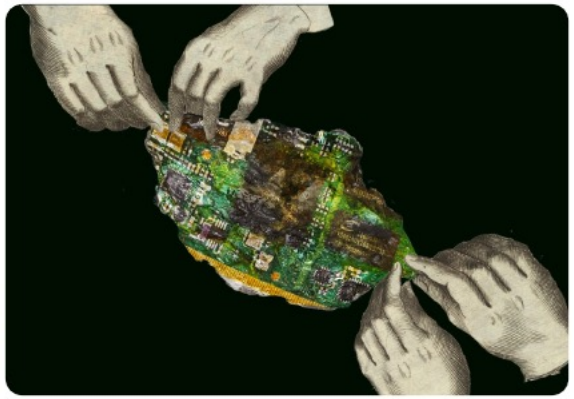
Fuente: Getty Images



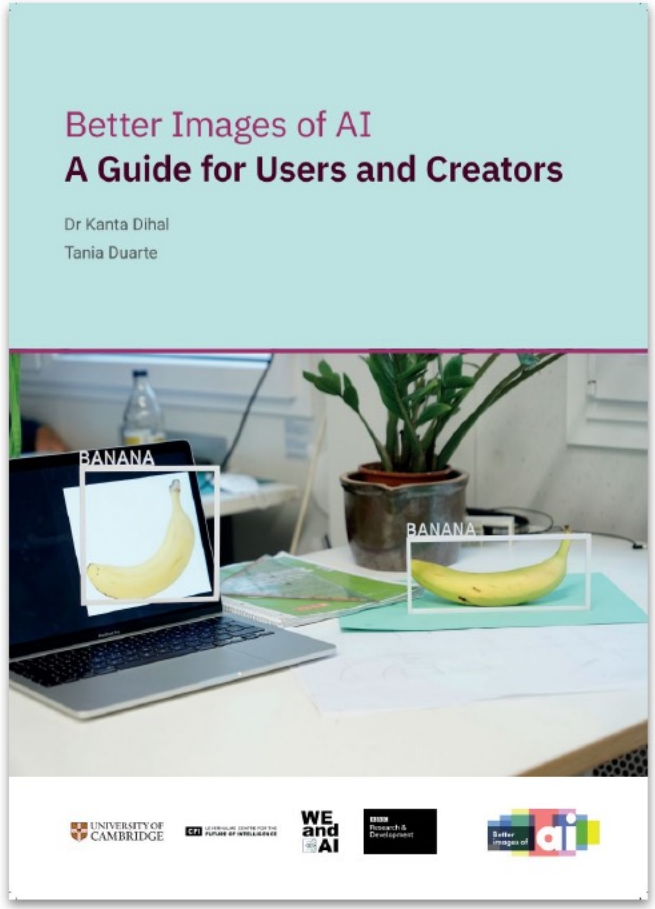
Fuente: Shutterstock.com



Fuente: Diaz & Google DeepMind, AI for Biodiversity

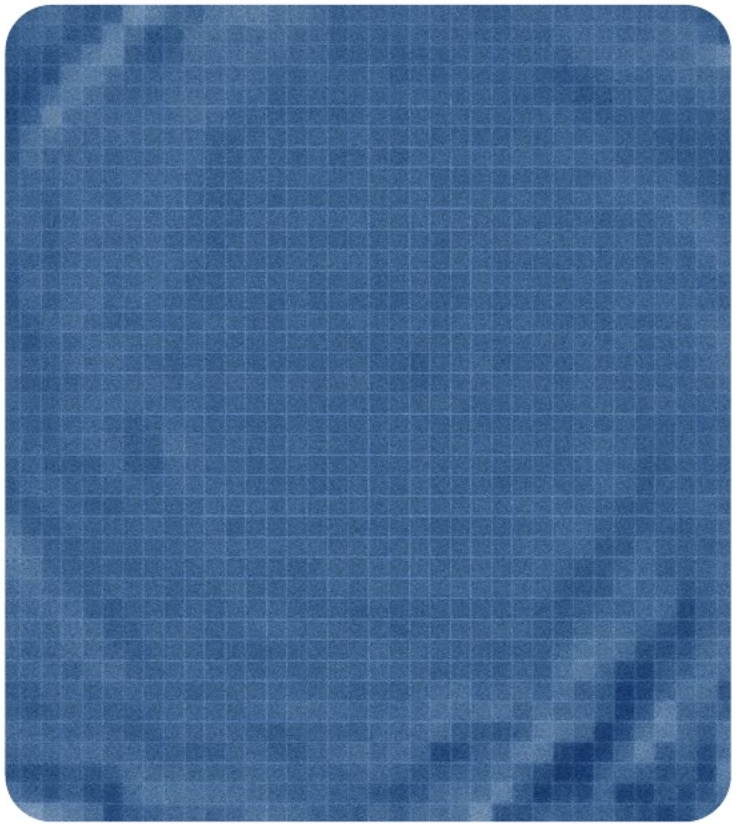


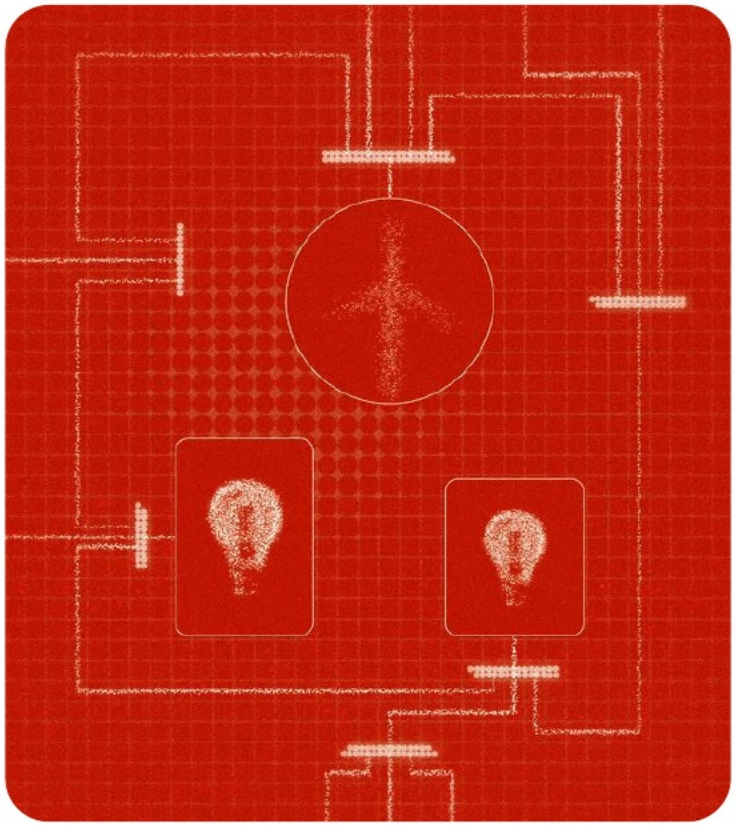
Fuente: Hanna Barakat, Rare Metals 2

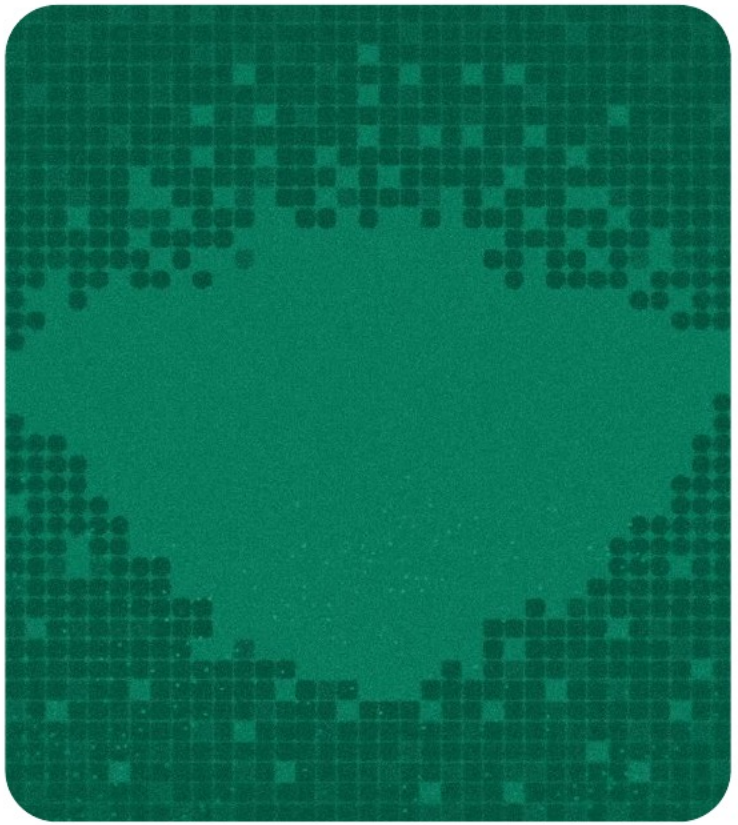


Fuente: Better Images of AI

Entender qué tipos de datos climáticos son relevantes para aplicaciones concretas de IA para el clima

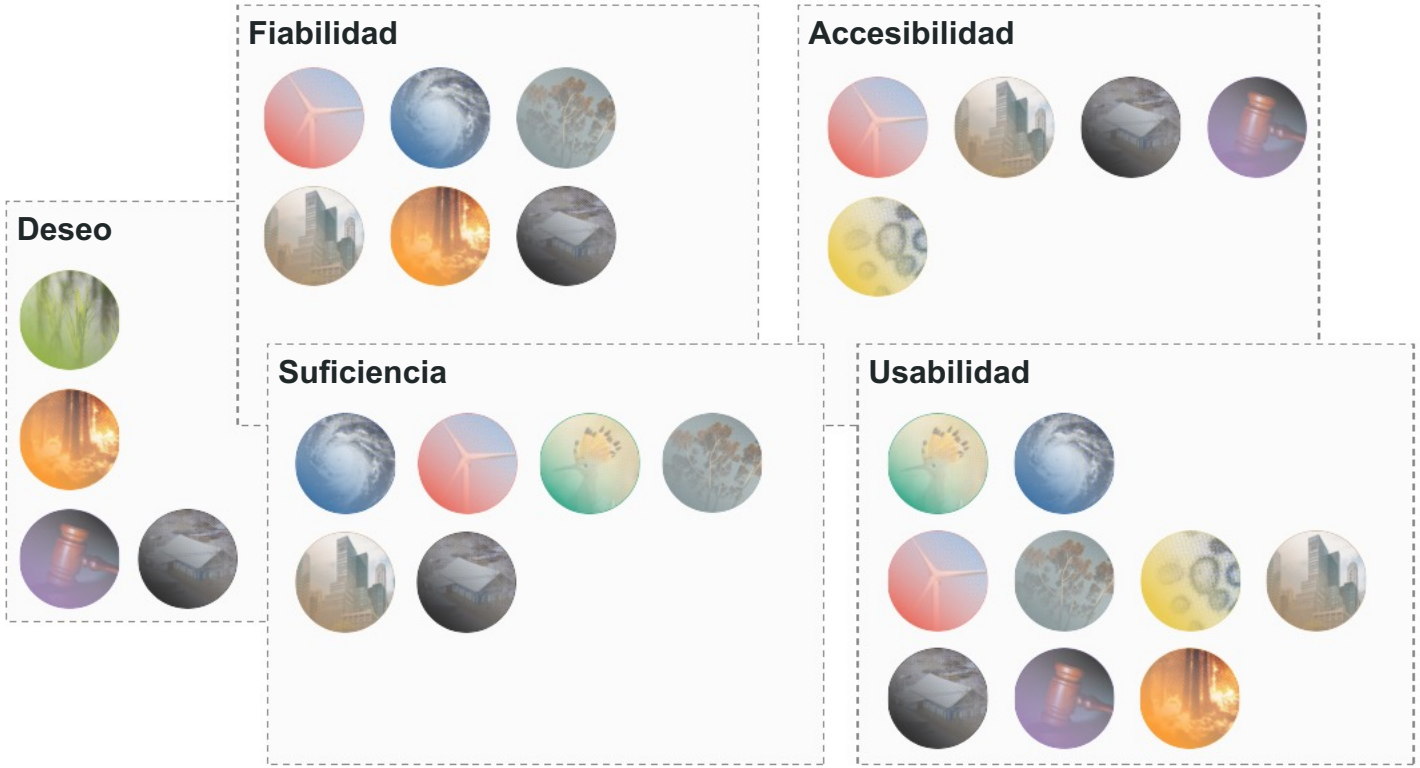






Fuente: Climate Change AI

Evaluar qué datos usar y sus limitaciones



Deseo
El conjunto de datos no existe

Fiabilidad
Hay que mejorar la calidad o integridad de los datos

Accesibilidad
Los datos no son fáciles de obtener
(p. ej. no se encuentran o no son accesibles)

Suficiencia
Datos insuficientes: requieren más recopilación y/o simulación

Usabilidad
Datos difíciles de usar
(por personas y/o máquinas)

Varios
Otros retos, incluidos los que surgen del uso de varios conjuntos de datos

Fuente: Climate Change AI Data Gaps

Fomentar el desarrollo abierto y la reproducibilidad

Fichas técnicas de conjuntos de datos

Marco de documentación que permite a quienes crean conjuntos de datos reflexionar sobre cuestiones clave de su ciclo de vida.

Motivación	Composición	
Proceso de recopilación	Preprocesamiento, limpieza, etiqueta	
Usos	Distribución	Mantenimiento

- Guiar a creadores y usuarios de datos para evaluarlos de forma estructurada
- Mejorar la transparencia y la rendición de cuentas
- Facilitar la selección en usos futuros
- Permitir una mayor reproducibilidad y comparación de resultados

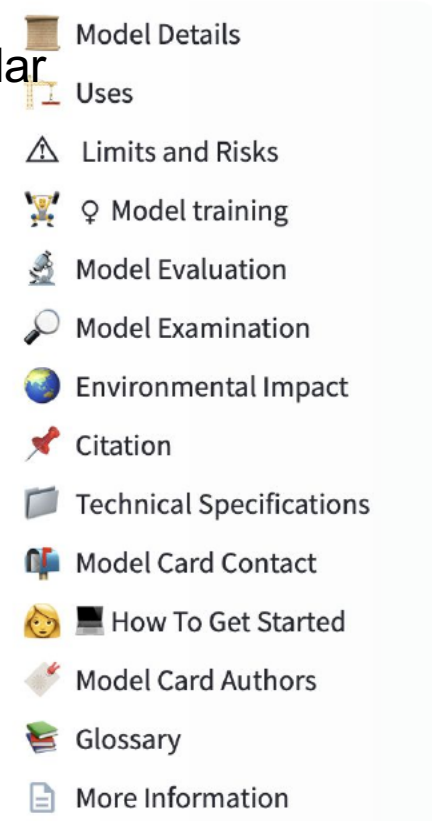
Fuente: Gebru et al. (2021), Datasheets for Datasets

Fichas de modelo

Las fichas de modelo son una forma estándar de documentar los modelos, incluida la forma en que se entrenaron y evaluaron.

Suelen incluir

- Usos previstos (y usos excluidos)
- Métricas de evaluación
- Datos de entrenamiento (y técnicas de procesamiento)
- Consideraciones éticas



Fuente: HuggingFace
Herramienta para redactar fichas de modelo

Fuente: Mitchell et al. (2018) Model Cards for Model Reporting

Estimar la huella de carbono

Estimación previa de la huella de carbono según su configuración

La calculadora Green Algorithms permite estimar la huella de carbono antes del entrenamiento y la inferencia, según su hardware y la intensidad de carbono de la electricidad del lugar donde se hará el cálculo.

Permite comparar configuraciones antes de experimentar o de gastar recursos en hardware y/o cómputo.

Estimación en tiempo real de la huella de carbono

Herramientas como ML CO2 Impact, CodeCarbon, Carbontracker o las de los proveedores de nube permiten estimar la huella de carbono durante el entrenamiento y la inferencia, considerando el hardware, el tiempo de ejecución y el proveedor de nube usados.

Permite notificar la huella de carbono de sus modelos de AA

Characteristic of each strategy	Online calculator	Embedded package	Server-side tool
Compatible with any hardware	Yes	No, a dedicated tool needs to be built for each	Yes, provided hardware usage can be monitored
Compatible with any programming language	Yes		Yes
Compatible with any task or research field	Yes		Yes
Computing metrics are collected automatically	No	Yes	Yes
Does not interfere with existing code	Yes	No	Yes
Estimates can be obtained beforehand	Yes	No	No
Estimates can be obtained in real time	No	Yes	Yes
Estimates can be obtained retrospectively	Yes	Only if the tracker was active at the time	Yes
Scalable with large numbers of jobs	No	Yes	Yes
Scalable over long periods of time	No	Only if the tracker is used every time	Yes

Fuente: Lannelongue e Inouye (2023), Carbon footprint estimation for computational research

Puntos de entrada y caminos a seguir



Computational Sustainability Network (desde 2008)

Climate Informatics (desde 2011)

Iniciativas regionales de IA, p. ej. Data Science Africa, el Deep Learning Indaba, KHIPU y los grupos de afinidad



Climate Change AI (desde 2019)

Work on Climate (desde 2020)

Iniciativa del Digital Futures Lab
AI + Climate Futures Asia (desde 2023)



GeoAI-Africa (desde 2024)

AfriClimate AI (desde 2024)

Climate AI Nordics (desde 2024)

Comunidad ESCS (desde 2025)



Environmentally Sustainable Computational Science

💬Escriba su respuesta en el chat de Zoom

Piense en cómo le gustaría participar en el ámbito de la IA para el clima.

¿Qué tipo de recursos le ayudarán a avanzar?

Piense en su ámbito de trabajo, en las comunidades de práctica con las que quiere relacionarse (dentro o fuera de su ámbito), en el tipo de contenidos que quiere leer (investigación, políticas, divulgación) y en las herramientas que necesitará para practicar.

Resumen de la clase

Por qué	Marco: cambio climático y acción climática
Qué	Marco: IA y aprendizaje automático (AA)
Qué	Funciones tecnológicas de la IA para la acción climática
Cómo	Consideraciones para el desarrollo y el despliegue
Cuáles	Enfoques de aprendizaje automático para problemas climáticos
Cómo	Buenas prácticas: enfoques, recursos y herramientas

Escuela de verano virtual CCAI 2026: materiales y acceso

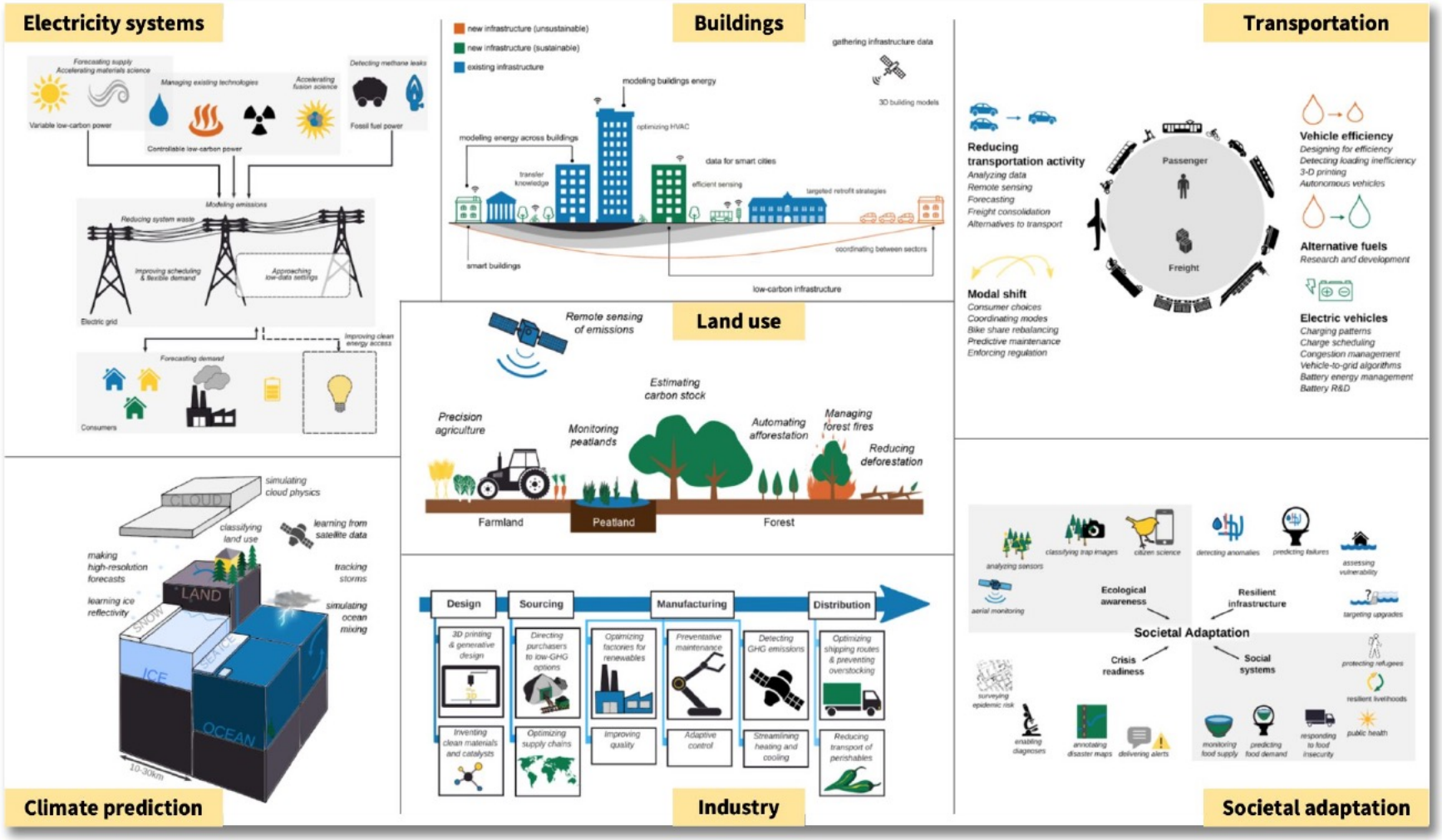
Las diapositivas, lecturas, preguntas del test y la grabación de la clase se publicarán en la plataforma LearnWorlds

🌐 Puede usar la plataforma de la comunidad para hacer más preguntas sobre esta clase y el resto de los contenidos, así como para interactuar con otros participantes

Habrá formularios de valoración de cada clase y tutorial en LearnWorlds. También mostraremos un breve formulario en Zoom que podrá rellenar antes de salir del seminario web.

¡Le deseamos una Escuela de verano virtual Climate Change AI 2026 enriquecedora, estimulante y provechosa!

¿Preguntas?


Electricity systems
Buildings
Transportation
Land use
Climate prediction
Industry
Societal adaptation
Reducing transportation activity
Modal shift
Vehicle efficiency
Alternative fuels
Electric vehicles
Passenger
Freight
Remote sensing of emissions
Estimating carbon stock
Precision agriculture
Monitoring peatlands
Automating afforestation
Managing forest fires
Reducing deforestation
Farmland
Peatland
Forest
Design
Sourcing
Manufacturing
Distribution
Societal Adaptation
Ecological awareness
Resilient infrastructure
Crisis readiness
Social systems