IA para las finanzas climáticas



Escuela de verano ClimateChangeAI

Malte Toetzke, 11 de agosto de 2026
Universidad Técnica de Múnich
Instituto Max Planck de Innovación y Competencia

MAX PLANCK GESELLSCHAFT

Qué esperar de esta clase

Qué no es esta clase

- Una introducción completa a las finanzas climáticas
- Un repaso detallado de los instrumentos financieros (p. ej. bonos verdes, financiación de proyectos)
- Un análisis a fondo de métodos concretos de IA o aprendizaje automático

Qué aprenderá

Al final de esta clase, debería ser capaz de:

- Entender por qué la financiación es clave para la mitigación y la adaptación
- Entender cómo la IA puede orientar las políticas financieras y las decisiones de inversión
- Entender los riesgos y limitaciones de las aplicaciones de IA en finanzas

Objetivo principal

Inspirarle a desarrollar sus propias aplicaciones de IA ante retos reales de las finanzas climáticas

Escanee para votar
Código **3214 6094**

«La acción climática es, en esencia, un problema de asignación de capital »

De acuerdo

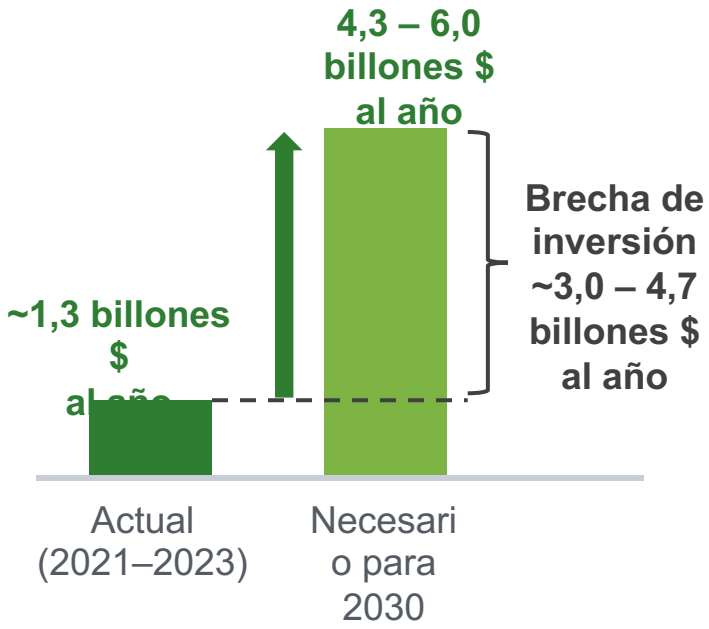
No estoy seguro

En desacuerdo

Las finanzas climáticas son costosas, pero la inacción cuesta mucho más

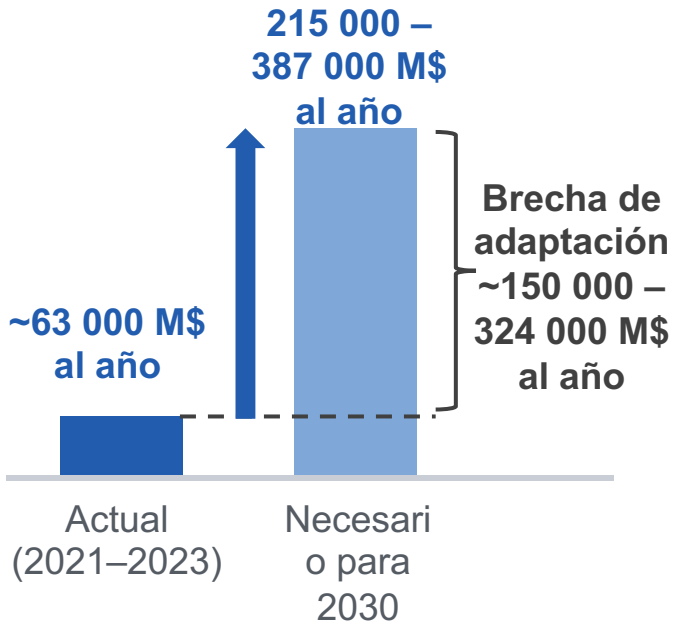
MITIGACIÓN

Financiación mundial de la mitigación



ADAPTACIÓN

Financiación mundial de la adaptación



Afrontamos una **brecha de financiación de billones de dólares**

Mitigación y adaptación requieren **entre 4 y 6 veces más financiación** que la actual

Sin embargo…

Se estima que las inversiones necesarias son **5 veces menores** que los **daños financieros del escenario tendencial**

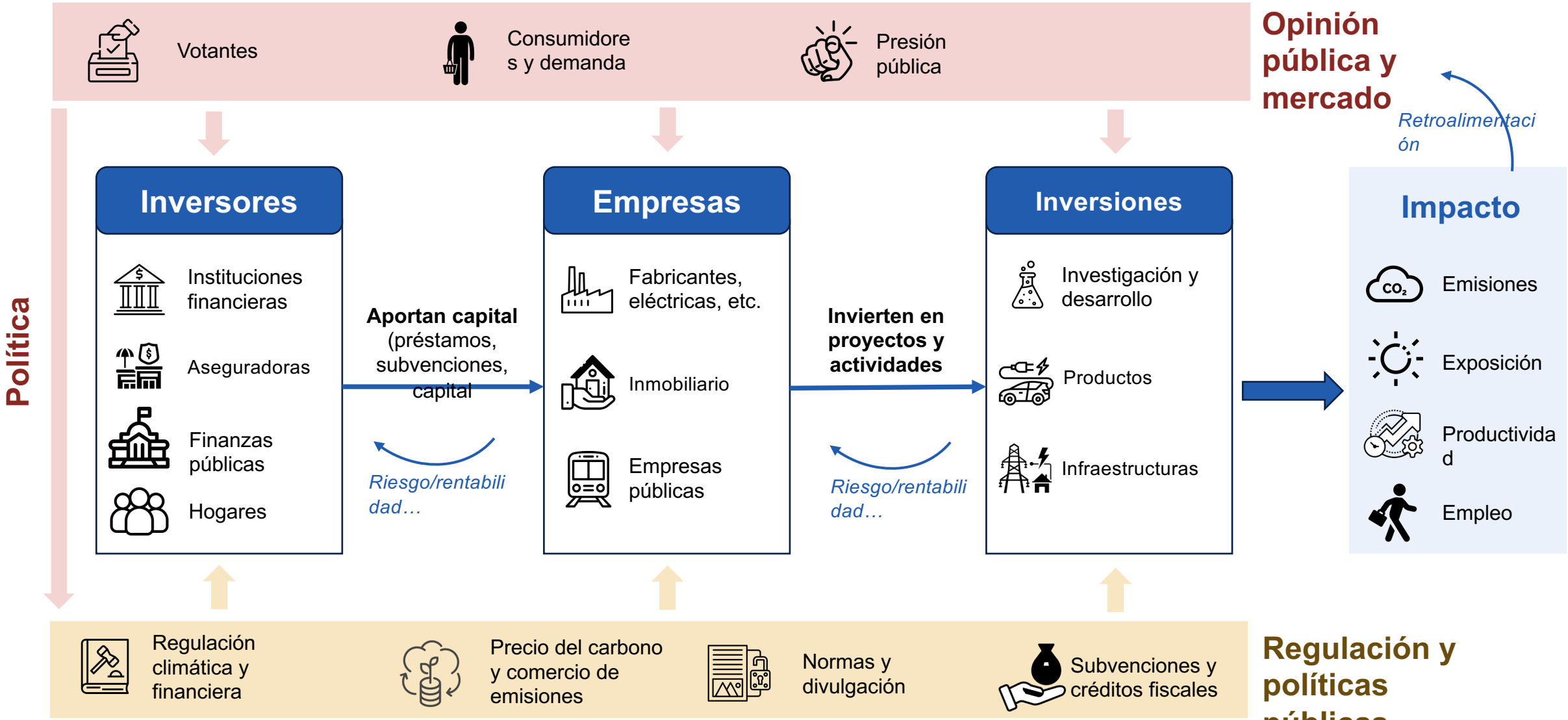
Fuentes: Climate Policy Initiative (2024), Global Landscape of Climate Finance 2024; PNUMA (2023), Adaptation Gap Report (2023); IPCC AR6 GTIII (2022), cap. 15.

Escanee para votar
Código **3214 6094**

¿Cuál es el motor más importante de la acción climática?

- La regulación
- El comportamiento del consumidor
- La asignación financiera
- La innovación

Una visión simplificada: las transformaciones necesitan inversión, la inversión necesita incentivos



Las finanzas climáticas requieren información y transparencia, …y aquí es donde la IA puede ayudar

Figure 1.4: Data coverage in Global Landscape, 2022

MITIGATION	Private	Public International	Public Domestic	Unknown
Energy	279 ↑	30	262	n/a
Transport	257	24	122	n/a
Buildings & Infrastructure	161 ↑	8	86 ↑	n/a
Agriculture, Forestry & Other Land Use	<1	2	4	n/a
Industry	<1	9	5	11 ↑
Waste	13	0.1	8	n/a
Water & Wastewater	<1	2	8	n/a
Others & Cross-sectoral	<1	15	1	<1
ADAPTATION	6 ↑ 48-60	37	33	n/a
DUAL BENEFITS	10 ↑	47	17	n/a

USD billion

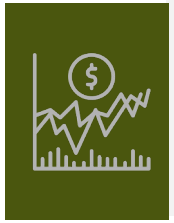
Tracked | Limited tracking | Not tracked | ↑ Complemented with new data sources

Note: In addition to the sectors listed above, the 'Information Communications and Technology' and 'Unknown' sectors made up USD 3.5bn of finance in 2022. The untracked private adaptation values (for consumer and household finance) are estimates from CPI's 'Tracking and Mobilizing Private Sector Climate Adaptation Finance' report

Source: Climate Policy Initiative



Finanzas climáticas internacionales:
¿Adónde fluye la financiación de mitigación y adaptación?



Mercados financieros:
¿Dónde están los riesgos y oportunidades de inversión relacionados con el clima?



Innovación climática:
¿Cómo pueden las finanzas acelerar eficazmente las soluciones climáticas?

Casos de uso de la IA en finanzas climáticas



Extracción de información

Extraer información financiera relevante de fuentes de datos no estructurados

Tareas de ejemplo

- *Extraer información de informes de empresas y divulgaciones financieras*
- *Identificar zonas afectadas por fenómenos meteorológicos extremos en imágenes satelitales*

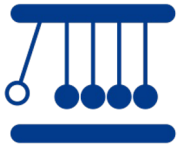


Predicción

Predecir eventos o cantidades futuras en condiciones de incertidumbre

Tareas de ejemplo

- *Predecir riesgos financieros (p. ej. físicos, de mercado, regulatorios)*
- *Predecir los precios del carbono*



Modelización causal

Estimar los efectos de decisiones de inversión e intervenciones

Tareas de ejemplo

- *Estimar los efectos de políticas e intervenciones públicas sobre la inversión*
- *Valorar la eficacia de las estrategias de adaptación*

En 1–3 palabras: ¿el caso de uso más prometedor de la IA en finanzas climáticas?

Predecir los precios del carbono

Evaluar startups

Escanee para votar

Código **3214 6094**

En profundidad

Finanzas climáticas internacionales:
¿Adónde fluye la financiación de mitigación y adaptación?

Mercados financieros:
¿Dónde están los riesgos y oportunidades de inversión relacionados con el clima?

Innovación climática:
¿Cómo pueden las finanzas acelerar eficazmente las soluciones climáticas?



En profundidad

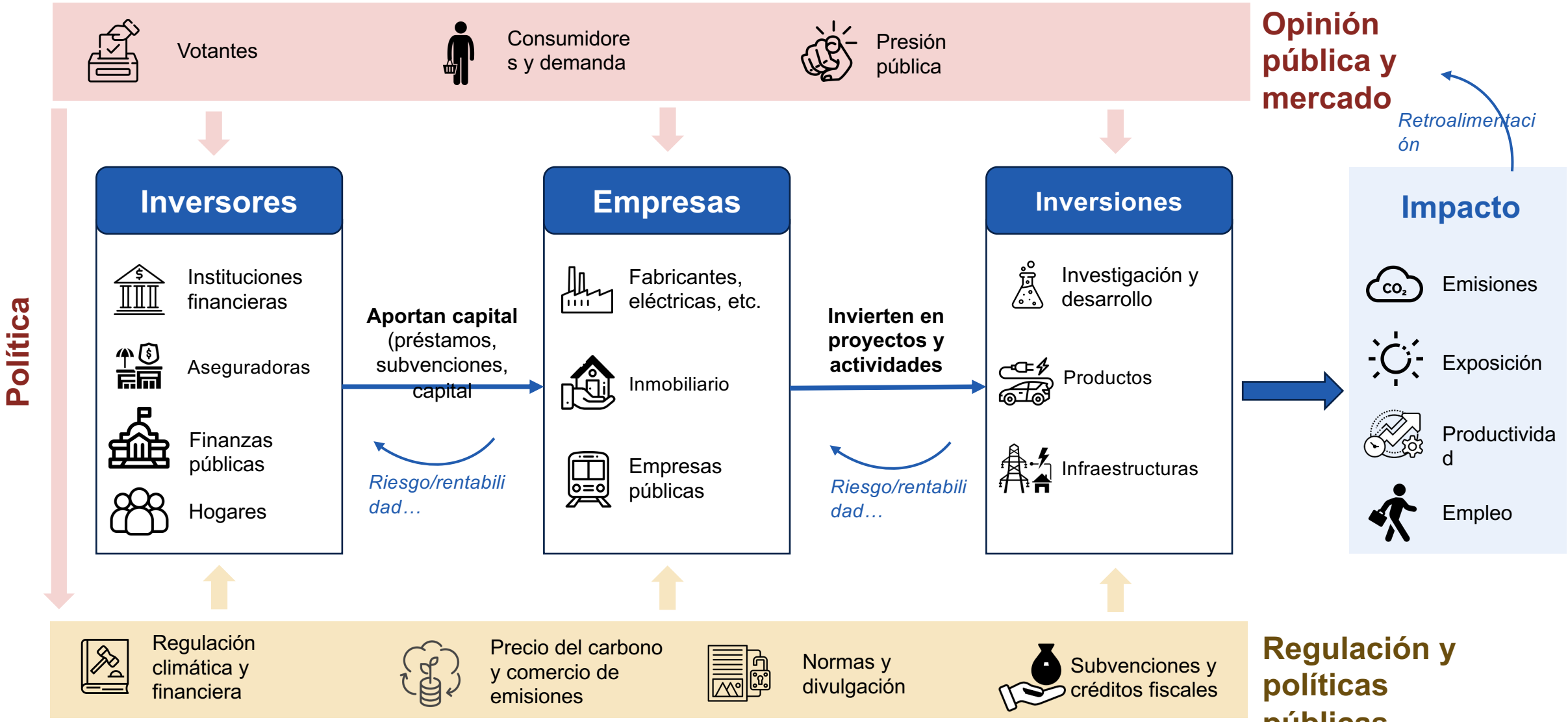
Finanzas climáticas internacionales:
¿Adónde fluye la financiación de mitigación y adaptación?

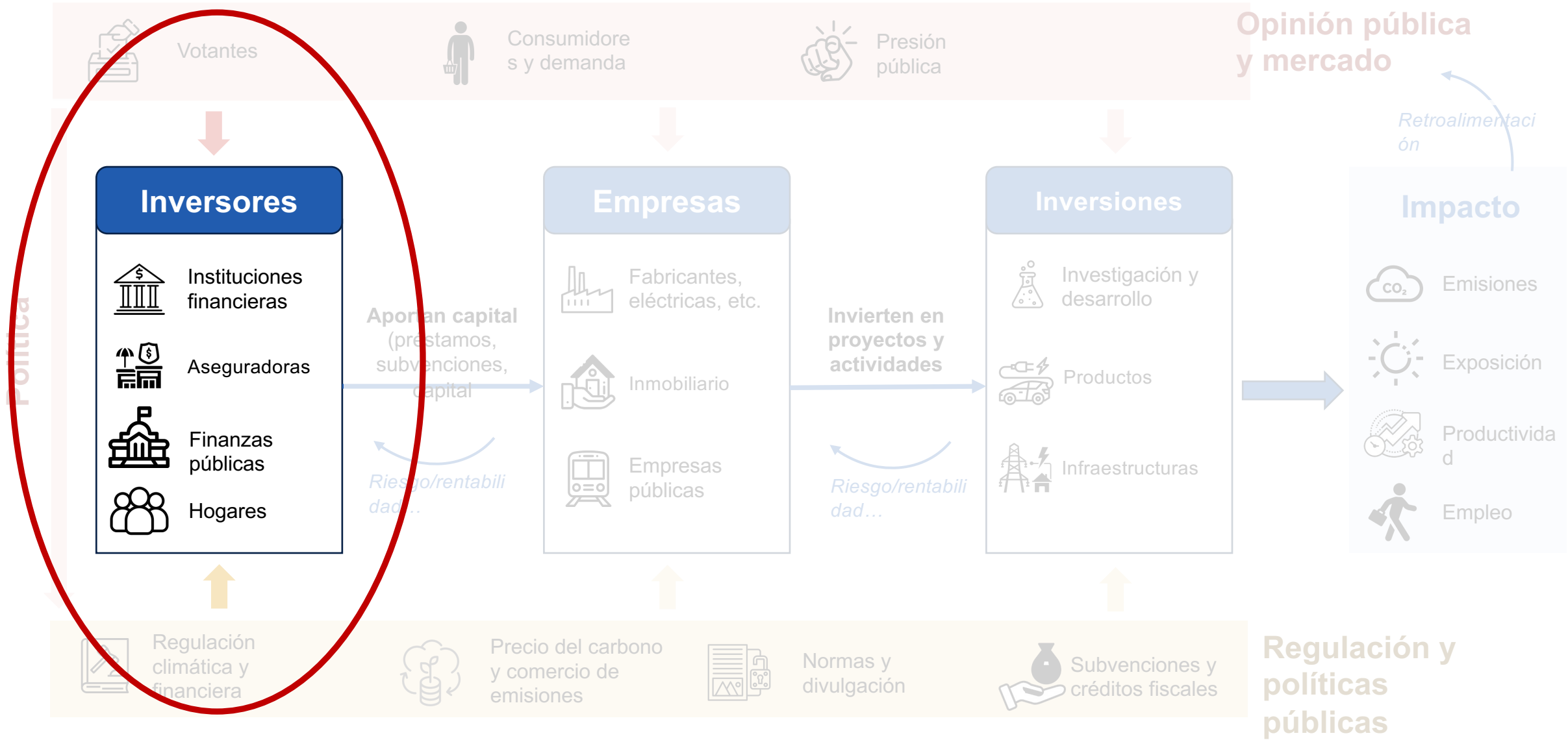
Mercados financieros:
¿Dónde están los riesgos y oportunidades de inversión relacionados con el clima?

Innovación climática:
¿Cómo pueden las finanzas acelerar eficazmente las soluciones climáticas?



Una visión simplificada: las transformaciones necesitan inversión, la inversión necesita incentivos

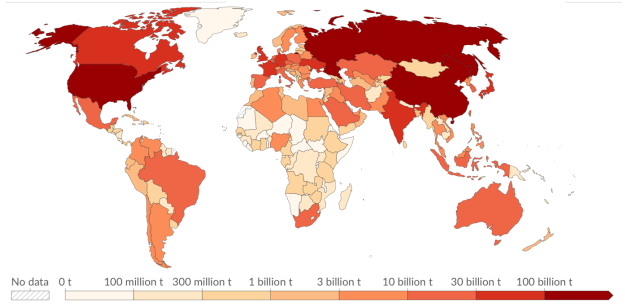



Votantes
Consumidores y demanda
Presión pública
Opinión pública y mercado
Retroalimentación
Política
Inversores
Instituciones financieras
Aseguradoras
Finanzas públicas
Hogares
Aportan capital (préstamos, subvenciones, capital
Riesgo/rentabilidad…
Empresas
Fabricantes, eléctricas, etc.
Inmobiliario
Empresas públicas
Invierten en proyectos y actividades
Riesgo/rentabilidad…
Inversiones
Investigación y desarrollo
Productos
Infraestructuras
Impacto
Emisiones
Exposición
Productividad
Empleo
Regulación climática y financiera
Precio del carbono y comercio de emisiones
Normas y divulgación
Subvenciones y créditos fiscales
Regulación y políticas públicas

Por qué importan las finanzas climáticas internacionales

Responsabilidad (histórica)

¿Quién emitió el CO2 de la atmósfera?

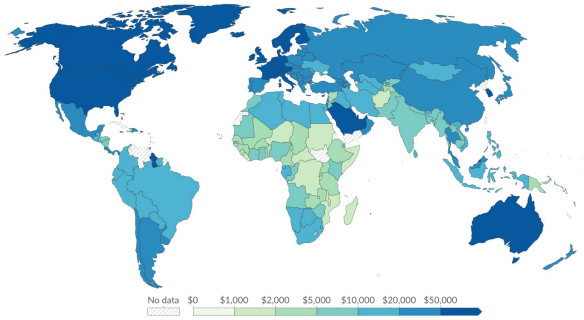


Emisiones históricas acumuladas de CO_2 (1750–2024)

https://ourworldindata.org/co2-emissions-metrics

Capacidad (de pago)

¿Quién puede permitirse pagar la acción climática?

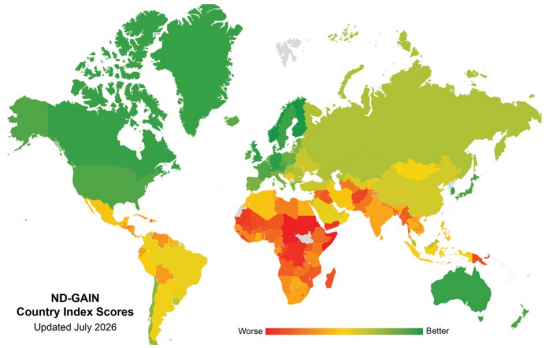


PIB per cápita (2024)

https://ourworldindata.org/grapher/gdp-per-capita-worldbank

Vulnerabilidad

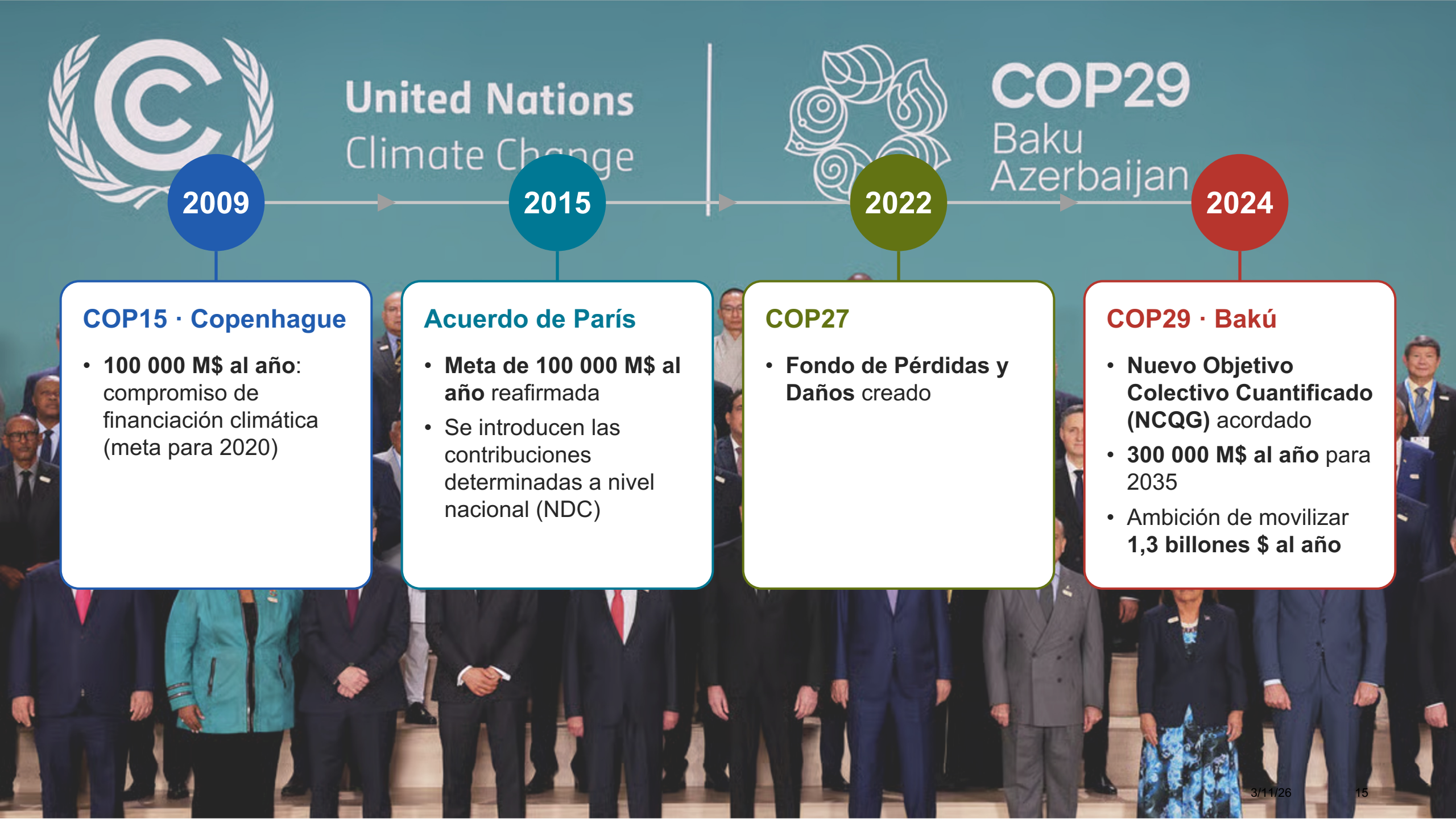
¿Quién es más vulnerable a los impactos climáticos?



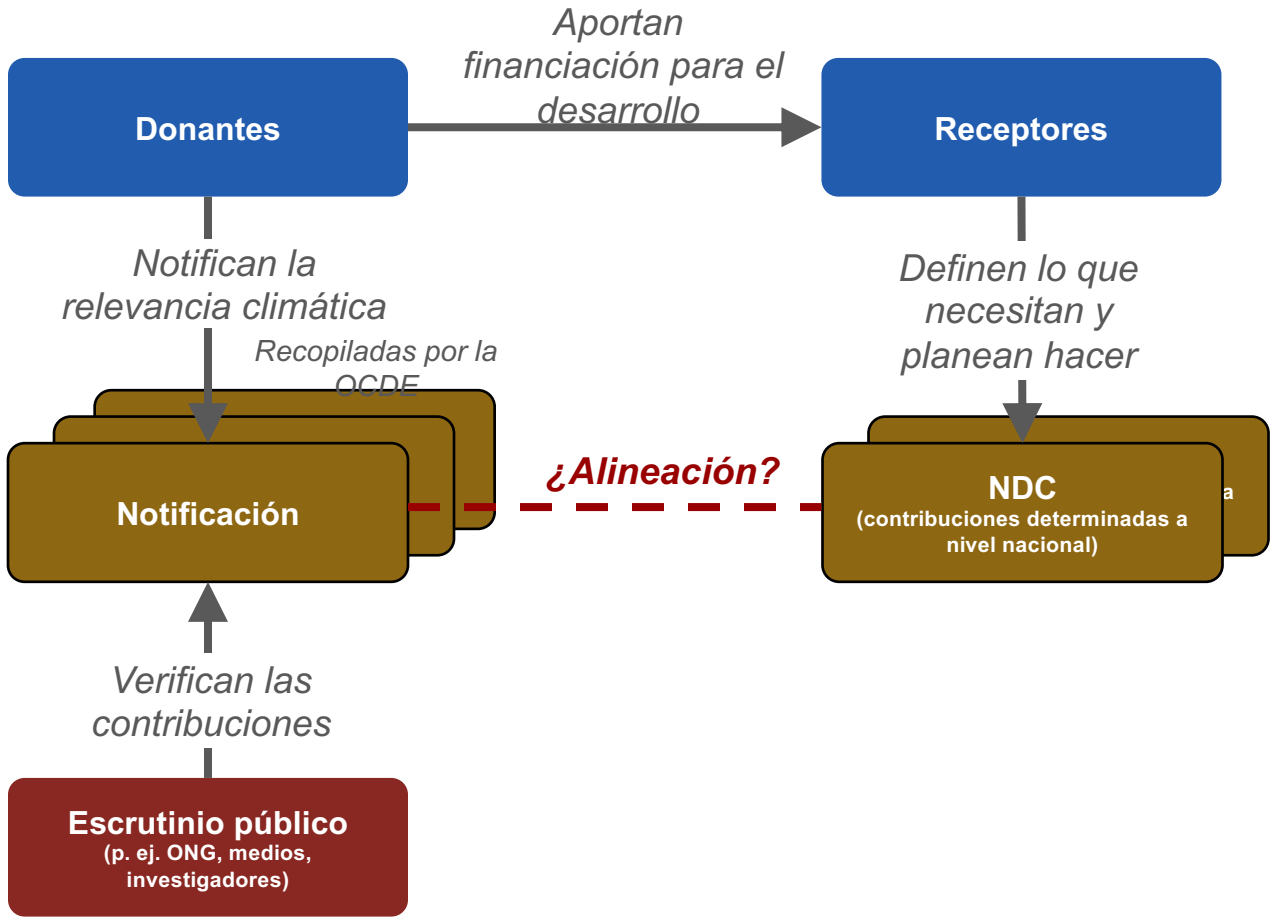
Puntuaciones del índice de países ND-GAIN (2026)

https://gain.nd.edu/our-work/country-index/

Las finanzas climáticas internacionales buscan aportar **recursos financieros** de países con mayor **responsabilidad** y **capacidad** para apoyar a países con mayor **vulnerabilidad**


United Nations
Climate Change
COP29
Baku
Azerbaijan
2009
2015
2022
2024
COP15 · Copenhague
• 100 000 M$ al año: compromiso de financiación climática (meta para 2020)
Acuerdo de París
• Meta de 100 000 M$ al año reafirmada
• Se introducen las contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC)
COP27
• Fondo de Pérdidas y Daños creado
COP29 · Bakú
• Nuevo Objetivo Colectivo Cuantificado (NCQG) acordado
• 300 000 M$ al año para 2035
• Ambición de movilizar 1,3 billones $ al año

¿Cómo se sigue y verifica el progreso de las finanzas climáticas frente a necesidades y compromisos?



Coherencia

¿Qué cuenta como financiación climática?

Notificación individual de cada donante

Granularidad

¿Qué actividades se financian?

Poco detalle sobre actividades y objetivos

Verificación

¿Son correctas las cifras notificadas?

Millones de informes por verificar

Toetzke et al (2022)

La financiación climática internacional notificada está muy cuestionada

Are reports of climate adaptation finance being exaggerated?

Journalism from the Thomson Reuters Foundation

https://www.context.news/climate-justice/are-reports-of-climate-adaptation-finance-being-exaggerated?

Rich countries overstating "true value" of climate finance by up to $88 billion, says Oxfam

OXFAM

https://www.oxfam.org.uk/media/press-releases/rich-countries-overstating-true-value-of-climate-finance-by-up-to-88-billion-says-oxfam

But tracking what really counts under the banner of climate finance has long been fraught - with some experts dubbing it a "wild west" of vague definitions, questionable projects and inflated accounting.

The Guardian

https://www.theguardian.com/global-development/2025/nov/14/what-exactly-is-climate-finance-who-pays-it-and-who-gets-it?

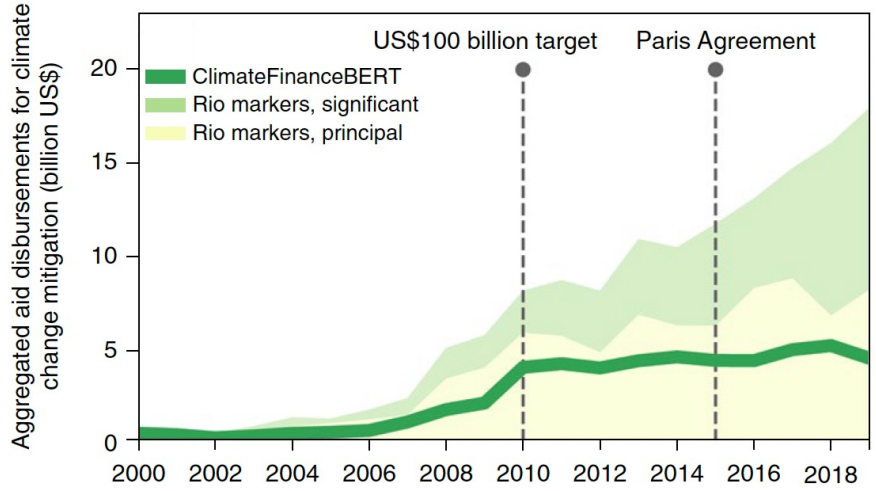
Entrenamos un modelo supervisado para clasificar de forma independiente la relevancia climática de los proyectos de financiación para el desarrollo



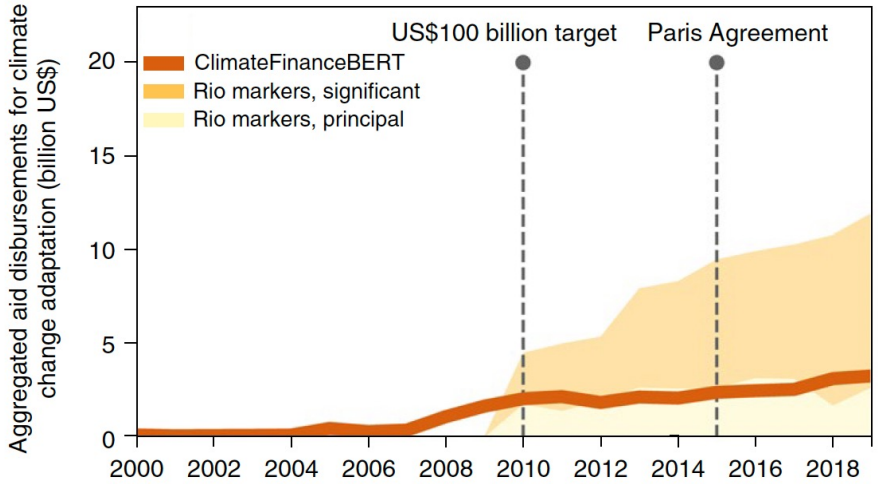
Toetzke et al (2022)

Nuestros resultados mostraron desviaciones notables respecto a las cifras notificadas

Financiación de la mitigación



Financiación de la adaptación



Toetzke et al (2022)

Muy inferior a lo notificado

La financiación climática bilateral está **un 21 % por debajo** de los marcadores de Río «principales» y **un 64 % por debajo** de los «principales + significativos».

La notificación es incoherente

Indicios tanto de **sobre-** como de **infranotificación**, que varían **entre** donantes y también **dentro de cada donante**

El compromiso de 100 000 M$ queda en entredicho

Volúmenes menores ponen de relieve el verdadero reto: definir de forma coherente qué cuenta realmente como financiación climática (antes de comprometer cifras)

Contribución, limitaciones y trabajo futuro

Contribución principal

- **Herramienta de verificación:** una reevaluación independiente y replicable de la financiación climática notificada
- **Referencia coherente:** clasificación coherente de 2,7 millones de proyectos de AOD notificados por distintos donantes (2000–2019)

Limitaciones

- **Sensible a palabras clave:** el modelo BERT es sensible a las palabras clave de la descripción del proyecto
- **Contexto limitado:** el modelo omite contexto relevante (p. ej. la vulnerabilidad del país para la adaptación)
- **Visión unidimensional:** la clasificación se centra en temas, no en la implementación ni en los instrumentos (p. ej. regulación vs. educación vs. proyectos)

Trabajo futuro

- **Integrar el contexto:** incluir la vulnerabilidad del país para evaluar la financiación de la adaptación
- **Ir más allá de los temas:** clasificar los instrumentos usados (construcción de infraestructuras, desarrollo de capacidades, etc.)
- **Vincular con otras fuentes:** comparar la financiación aportada con las necesidades de los receptores declaradas en las NDC

En 1–3 palabras: ¿qué otras ideas tiene para la IA en la financiación climática internacional?

Escanee para votar

Código **3214 6094**

XXX

XXX

Pausa de 5 minutos

En profundidad

Finanzas climáticas internacionales:
¿Adónde fluye la financiación de mitigación y adaptación?

Mercados financieros:
¿Dónde están los riesgos y oportunidades de inversión relacionados con el clima?

Innovación climática:
¿Cómo pueden las finanzas acelerar eficazmente las soluciones climáticas?



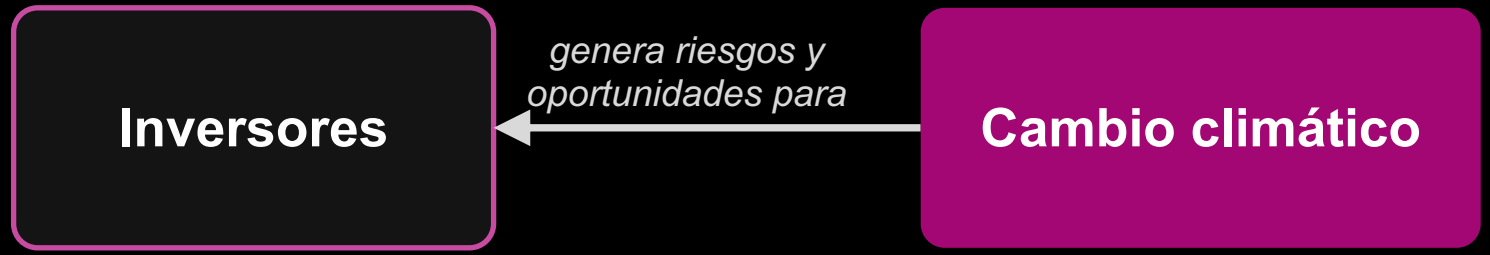
Cambiemos de perspectiva

De cómo las finanzas moldean la acción climática a cómo el cambio climático afecta a las inversiones

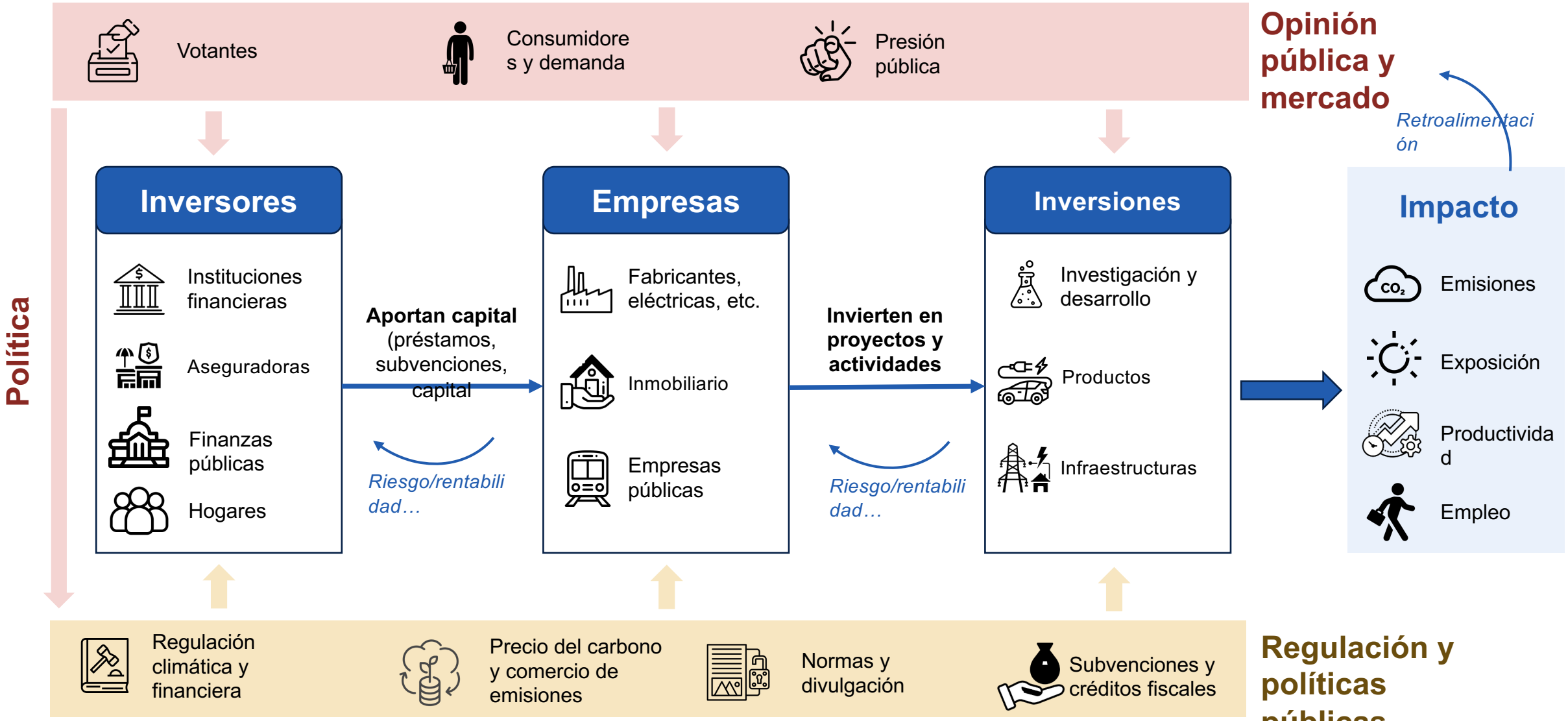
1 - La óptica financiera
Cómo las finanzas apoyan la acción climática

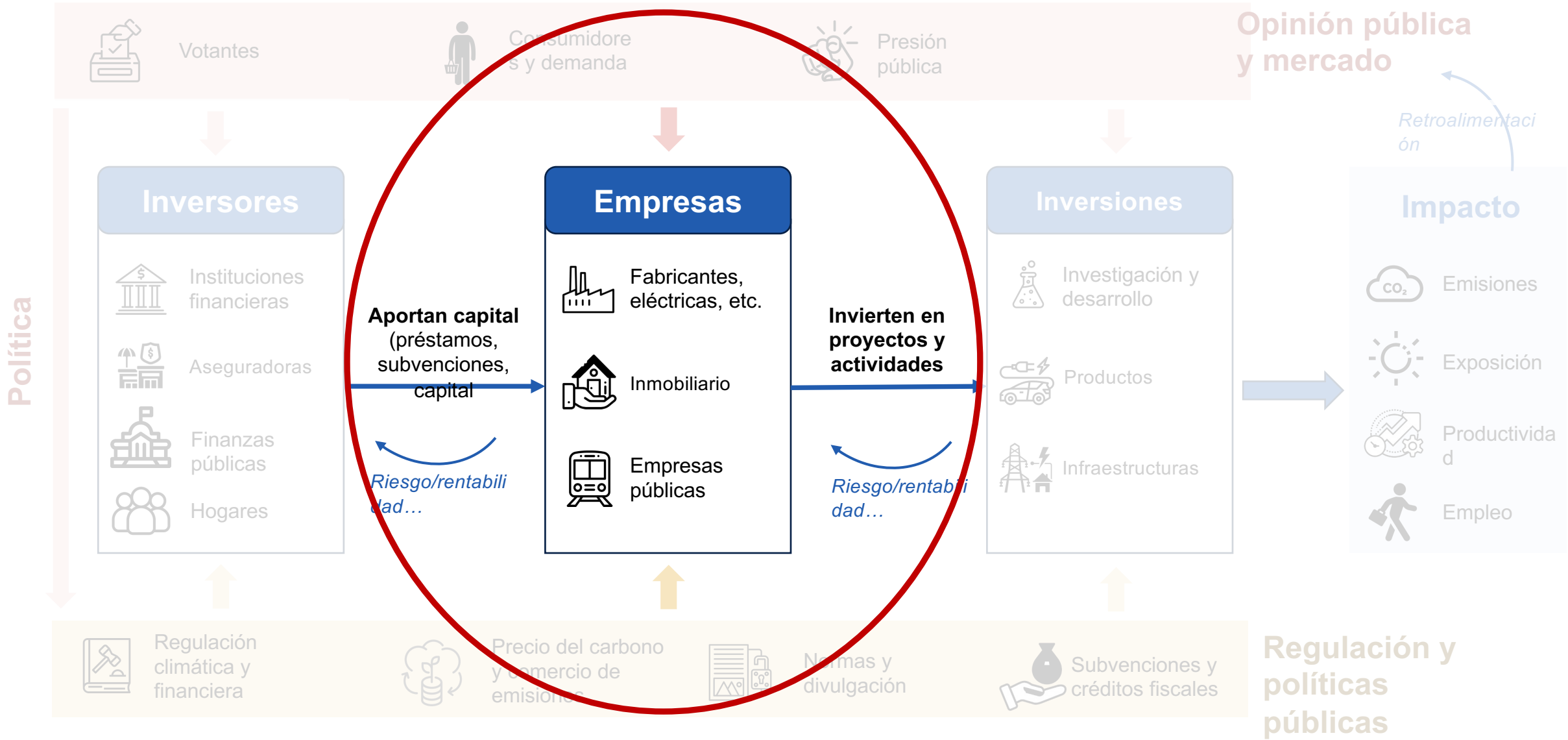


2 - La óptica del inversor
Cómo la acción climática crea riesgos y oportunidades



Una visión simplificada: las transformaciones necesitan inversión, la inversión necesita incentivos

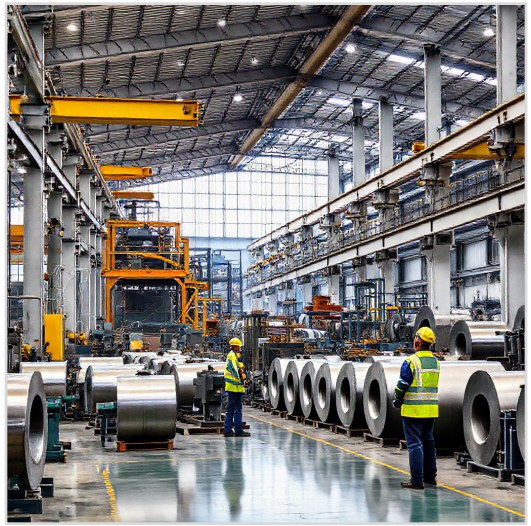



Votantes
Consumidores y demanda
Presión pública
Opinión pública y mercado
Retroalimentación
Política
Inversores
Instituciones financieras
Aseguradoras
Finanzas públicas
Hogares
Aportan capital (préstamos, subvenciones, capital
Riesgo/rentabilidad…
Empresas
Fabricantes, eléctricas, etc.
Inmobiliario
Empresas públicas
Invierten en proyectos y actividades
Riesgo/rentabilidad…
Inversiones
Investigación y desarrollo
Productos
Infraestructuras
Impacto
Emisiones
Exposición
Productividad
Empleo
Regulación climática y financiera
Precio del carbono y comercio de emisiones
Normas y divulgación
Subvenciones y créditos fiscales
Regulación y políticas públicas

Riesgos financieros relacionados con el clima

Riesgos de transición

¿Cómo afectará la transición climática a mis inversiones?



- Riesgos tecnológicos
- Riesgos políticos
- Riesgos de mercado

Fuente de la imagen: pt-alexindo.com

Riesgos físicos

¿Cómo afectarán los impactos del cambio climático a mis inversiones?



- Fenómenos meteorológicos extremos
- Cambio climático crónico

Fuente de la imagen: environmentamerica.org

Taxonomía del marco TCFD (2017)



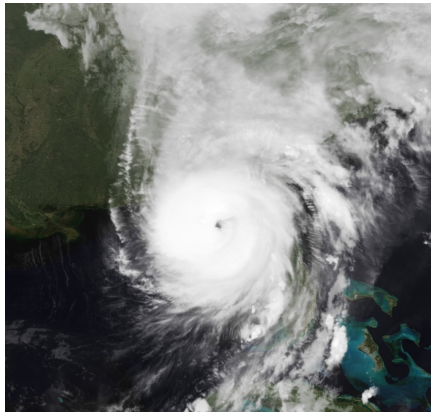
El creciente **volumen** y la **complejidad** de la información climática abren oportunidades para que la **IA** la convierta en evidencia útil para decidir



El creciente **volumen** y la **complejidad** de la información climática abren oportunidades para que la **IA** la convierta en evidencia útil para decidir

Por el cambio climático, los fenómenos meteorológicos extremos **son cada vez más frecuentes** e **intensos**

Huracán Helene (2024)



79 000 M$ en daños físicos

Incendios del norte de California (2017)



30 000 M$ en daños físicos

Los impactos financieros en las empresas de los fenómenos extremos han captado gran atención de inversores, aseguradoras y responsables políticos (Krueger et al, 2020; Stroebel y Wurgler, 2021)

¿En qué medida se ven afectadas las empresas por los fenómenos meteorológicos extremos?

¿Y los impactos financieros **más allá del daño físico** (p. ej. interrupciones de la cadena de suministro, shocks de demanda)?

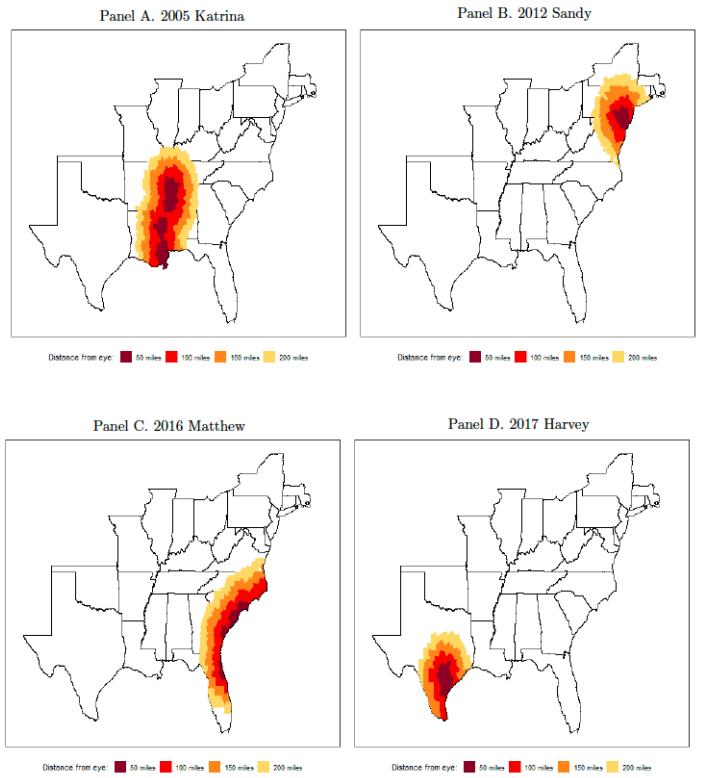
¿Cómo **reaccionan los mercados financieros** a los impactos en las empresas?

https%3A%2F%2Fde.wikipedia.org%2Fwiki%2FHurrikan_Helene&ved=0CBYQjRxqFwoTCKDS-qDsxZUDFQAAAAAdAAAAABBq&opi=89978449

https%3A%2F%2Fwww.theguardian.com%2Fus-news%2F2020%2Fjul%2F21%2Fcalifornia-wildfires-gold-hog-mineral-susanville&ved=0CBYQjRxqFwoTCKCij8nsxZUDFQAAAAAdAAAAABBq&opi=89978449

Para estimar los impactos financieros de los fenómenos extremos en las empresas, primero hay que saber si se han visto afectadas

Enfoques geoespaciales



Kruttli et al. (2024)

Indican si las empresas se han visto afectadas (o no) superponiendo la ubicación de sus activos con las «zonas de impacto» de los fenómenos extremos (Kruttli et al., 2024; Addoum et al., 2020, 2023)

- **Aproximación muy simplificada** de si las empresas se han visto afectadas
- **Omiten los efectos indirectos** a través de las cadenas de suministro y los shocks de demanda (Barrot y Sauvagnat, 2016; Pankratz y Schiller, 2024)
- **Excluyen activos móviles/difusos** como flotas de transporte, redes eléctricas o ferroviarias
- **No aplicables a muchos tipos de eventos** (p. ej. tormentas invernales, olas de calor)

Idea: analizar las divulgaciones de hechos relevantes de las empresas

¿Qué son las divulgaciones de hechos relevantes?

Las empresas cotizadas en bolsas de EE. UU. deben presentar un formulario 8-K ante la SEC para comunicar hechos relevantes que puedan afectar a los inversores.

Ejemplos:

- Grandes litigios
- Interrupciones de la cadena de suministro
- Fusiones y adquisiciones
- Cierres de fábricas
- Daños por huracanes, inundaciones, incendios

FORMULARIO 8-K

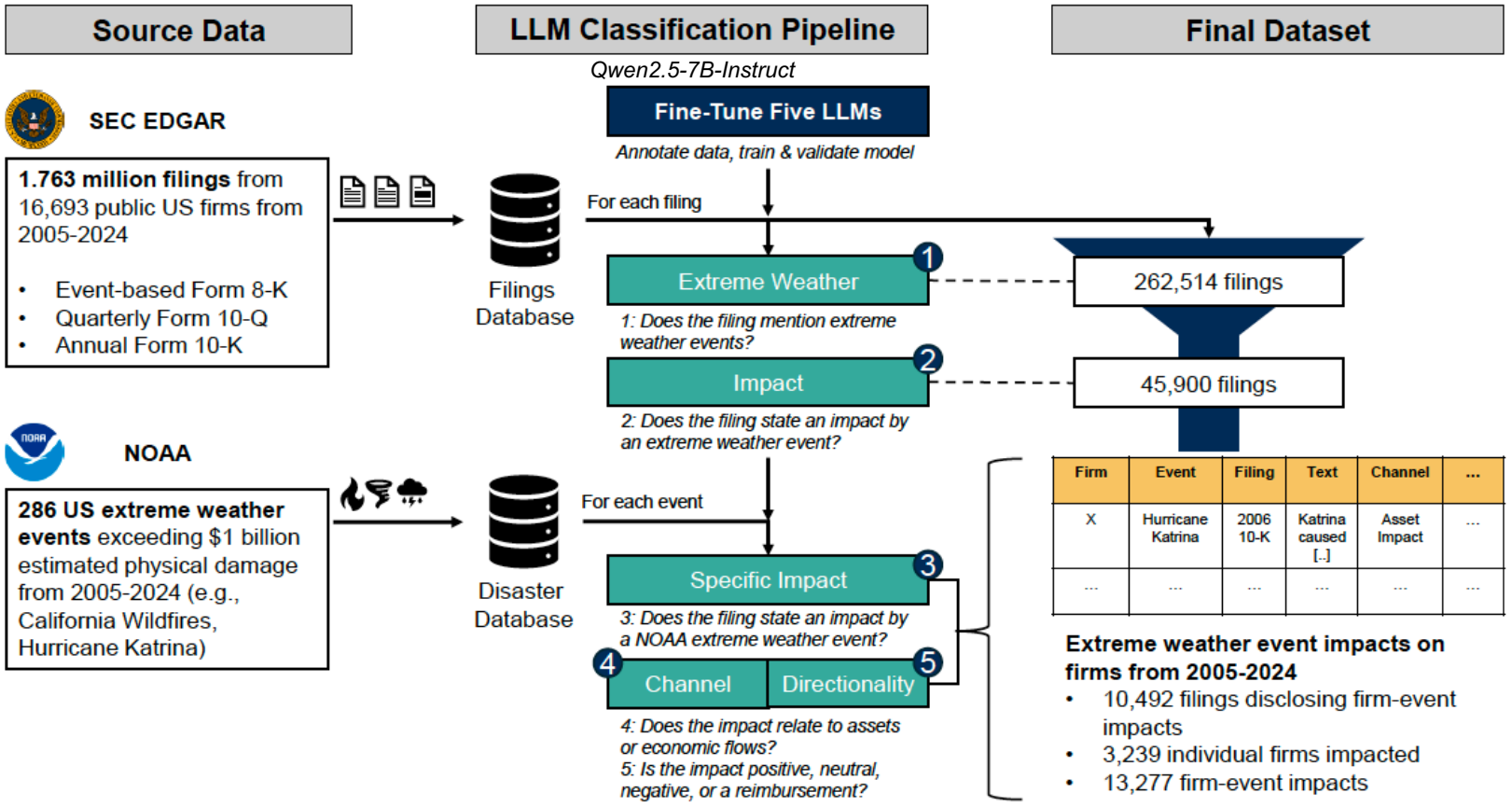
Northwind Turbines Corp.

Punto 8.01 Otros hechos

El 27 de sept. de 2024, el huracán Helene dañó la refinería de la empresa en la costa del Golfo y detuvo temporalmente sus operaciones.

Miles de empresas presentan decenas de miles de documentos cada año: el análisis manual es inviable

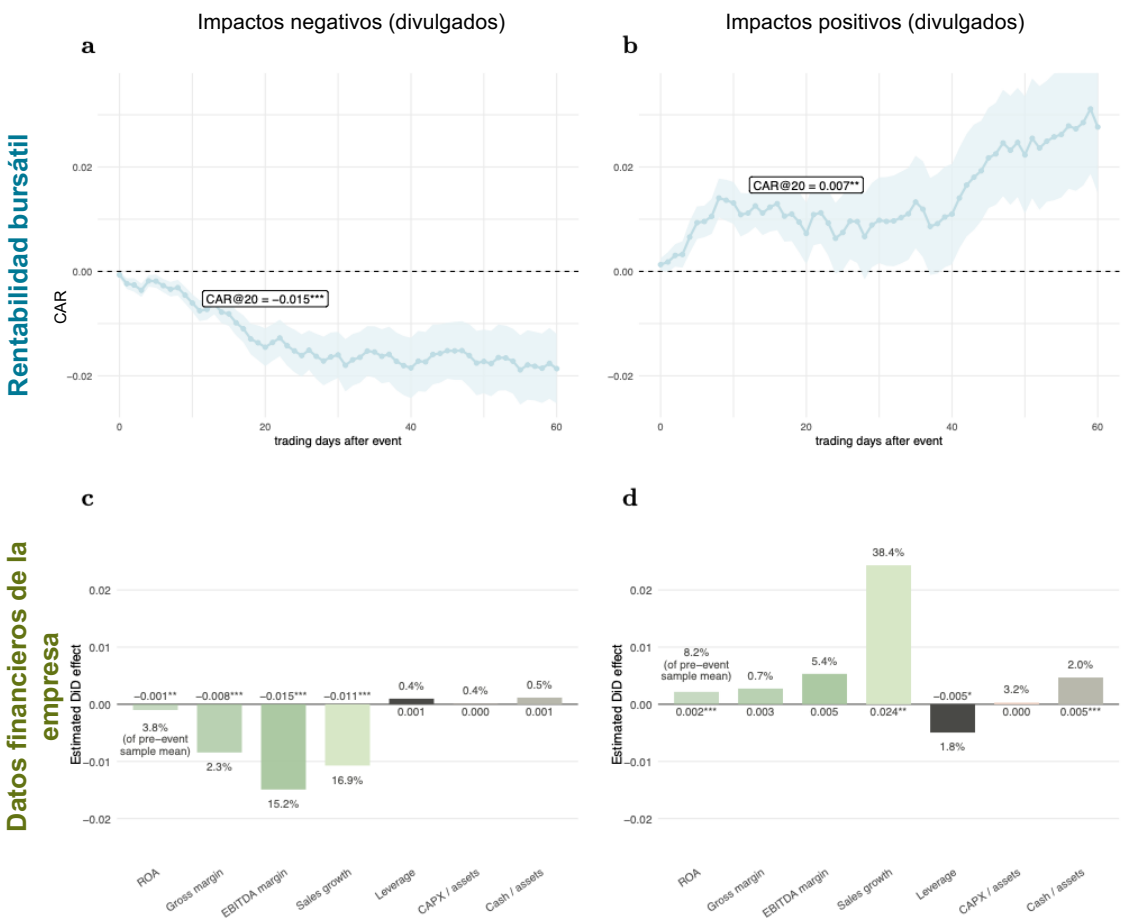
Analizamos divulgaciones financieras públicas con LLM para identificar los impactos de fenómenos extremos en las empresas



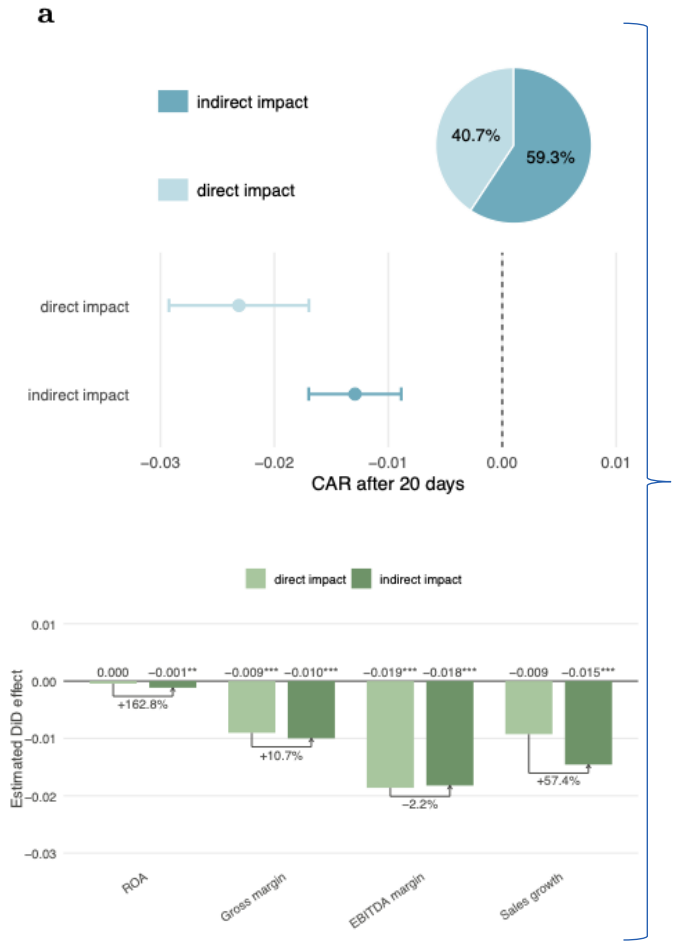
Schimanski et al. (2025)

Para las empresas afectadas, estimamos los efectos en la rentabilidad bursátil y en otros datos financieros

Positivo vs. negativo



Directo vs. indirecto



Los mercados financieros parecen **subestimar sistemáticamente los impactos indirectos** de los fenómenos extremos

Schimanski et al. (2025)

Contribución, limitaciones e investigación futura

Contribución

- **Herramienta de identificación:** primera identificación escalable, a nivel de empresa y a posteriori, de los impactos reales de fenómenos extremos a partir de los documentos
- **Distintos canales:** capta impactos directos e indirectos, negativos y positivos, que los métodos geoespaciales no ven

Limitaciones

- **Fuente de información:** depende de la divulgación de impactos a la SEC (aunque las empresas responden legalmente, los impactos indirectos pueden infradeclararse)
- **Alcance:** limitado a empresas cotizadas de EE. UU.
- **Adaptación:** no incluye el grado de preparación de las empresas

Investigación futura

- **Granularidad:** extraer información sobre activos afectados y eslabones de la cadena de suministro
- **Adaptación:** incluir información sobre medidas de adaptación (p. ej. de informes) para saber si las empresas que invierten en adaptación (1) se ven menos afectadas y (2) soportan menores costes financieros

Otros casos de uso de la IA para analizar riesgos financieros climáticos

Riesgos de transición

¿Cómo afectará la transición climática a mis inversiones?

¿Pueden las empresas hacer la transición?

P. ej. analizar planes de transición

(Colesanti Senni et al. (2025), Transition Pathway Initiative)

¿Es creíble la transición?

P. ej. detectar el ecopostureo en informes y comunicación pública

(Bingler et al. (2022))

¿Quién lidera la transición?

P. ej. analizar las patentes verdes de las empresas y su encaje con la actividad principal

(Cohen et al. (2025), OECD Env-Tech patent classification)

Riesgos físicos

¿Cómo afectarán los impactos del cambio climático a mis inversiones?

¿Qué empresas están expuestas?

P. ej. comparar los activos de las empresas con previsiones de fenómenos extremos

(Oxford Spatial Finance Initiative)

¿Son conscientes las empresas de los riesgos relevantes?

P. ej. comparar informes de adaptación con la exposición de las empresas

(Sautner et al. (2023), Pankratz et al. (2023))

¿Qué tan preparadas están las empresas?

P. ej. analizar las estrategias de adaptación de las empresas y su eficacia

En profundidad

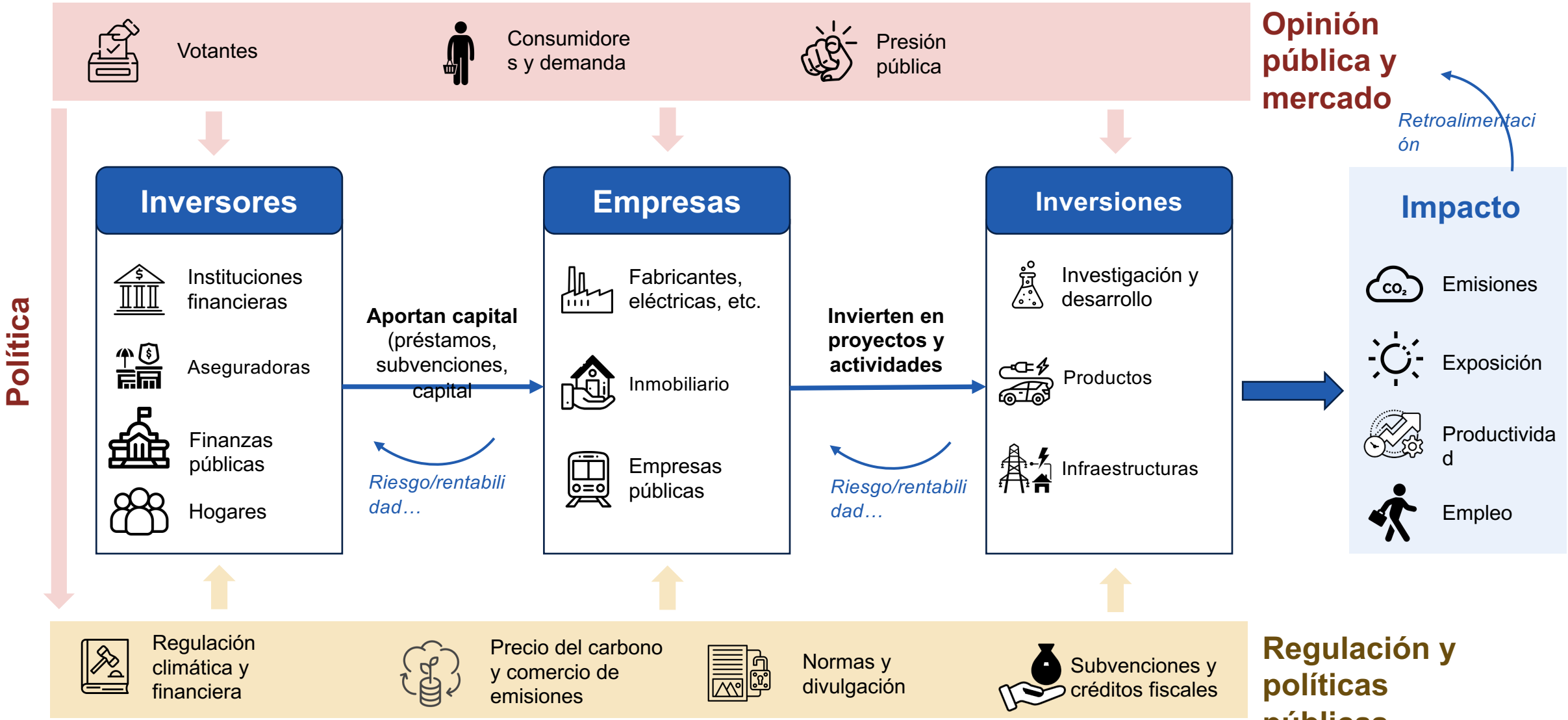
Finanzas climáticas internacionales:
¿Adónde fluye la financiación de mitigación y adaptación?

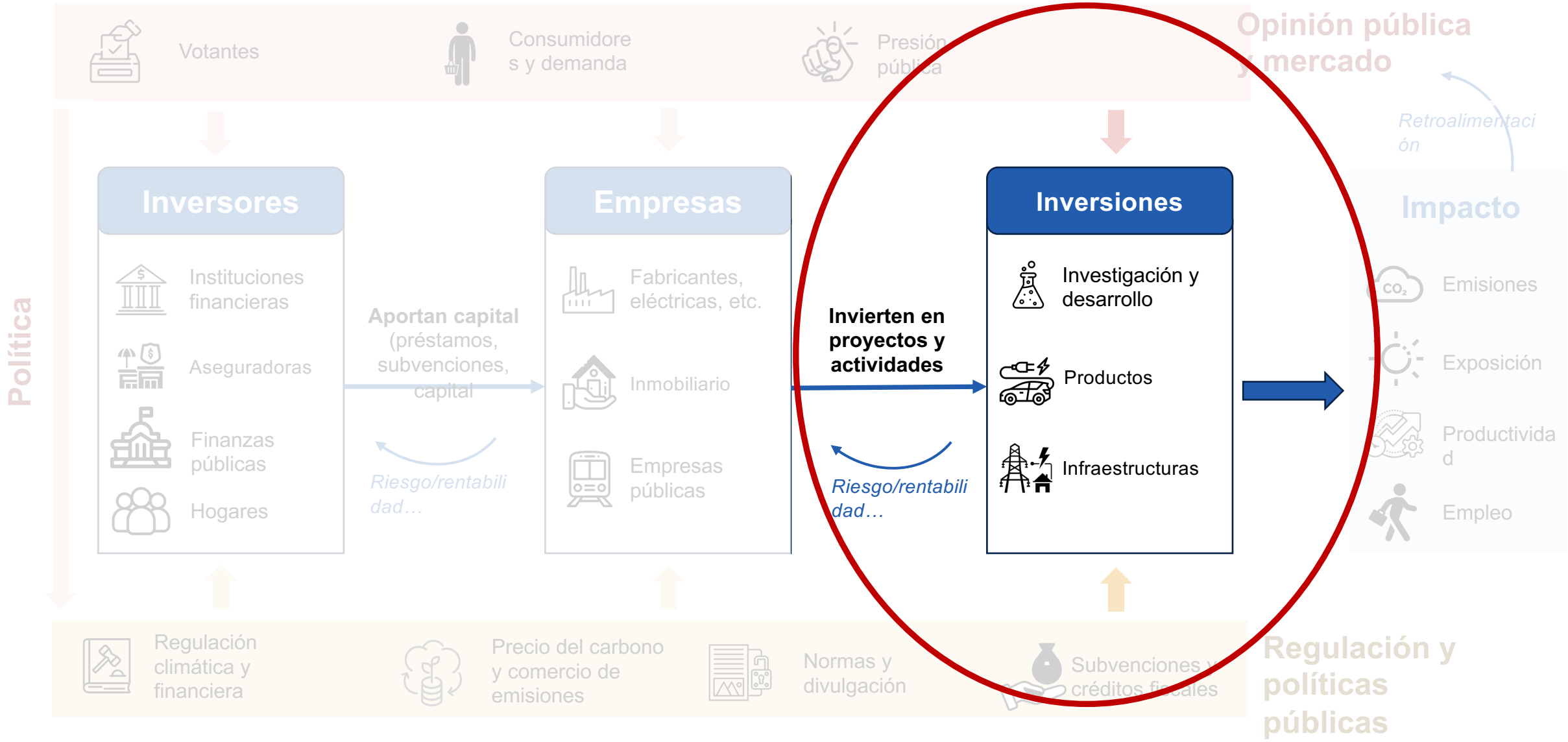
Mercados financieros:
¿Dónde están los riesgos y oportunidades de inversión relacionados con el clima?

Innovación climática:
¿Cómo pueden las finanzas acelerar eficazmente las soluciones climáticas?



Una visión simplificada: las transformaciones necesitan inversión, la inversión necesita incentivos




Votantes
Consumidores y demanda
Presión pública
Opinión pública y mercado
Política
Inversores
Instituciones financieras
Aseguradoras
Finanzas públicas
Hogares
Aportan capital (préstamos, subvenciones, capital
Riesgo/rentabilidad…
Empresas
Fabricantes, eléctricas, etc.
Inmobiliario
Empresas públicas
Invierten en proyectos y actividades
Riesgo/rentabilidad…
Inversiones
Investigación y desarrollo
Productos
Infraestructuras
Retroalimentación
Impacto
Emisiones
Exposición
Productividad
Empleo
Regulación climática y financiera
Precio del carbono y comercio de emisiones
Normas y divulgación
Subvenciones y créditos fiscales
Regulación y políticas públicas

Las finanzas son clave para acelerar la innovación de tecnologías climáticas, del laboratorio a la difusión a gran escala



Transición climática





Investigación y desarrollo



Demostración y piloto



Comercialización



Primeros usuarios



Difusión

Las finanzas son clave para acelerar la innovación de tecnologías climáticas, del laboratorio a la difusión a gran escala



Transición climática



Investigación y desarrollo → Demostración y piloto → Comercialización → Primeros usuarios → Difusión

«Salir del laboratorio» (subvenciones)

«Llegar al mercado» (capital riesgo en fase inicial)

«Escalar un nicho» (capital riesgo en fase avanzada)

«Escalar en varios mercados» (financiación con deuda)

¡Son (tipos de) inversores distintos!

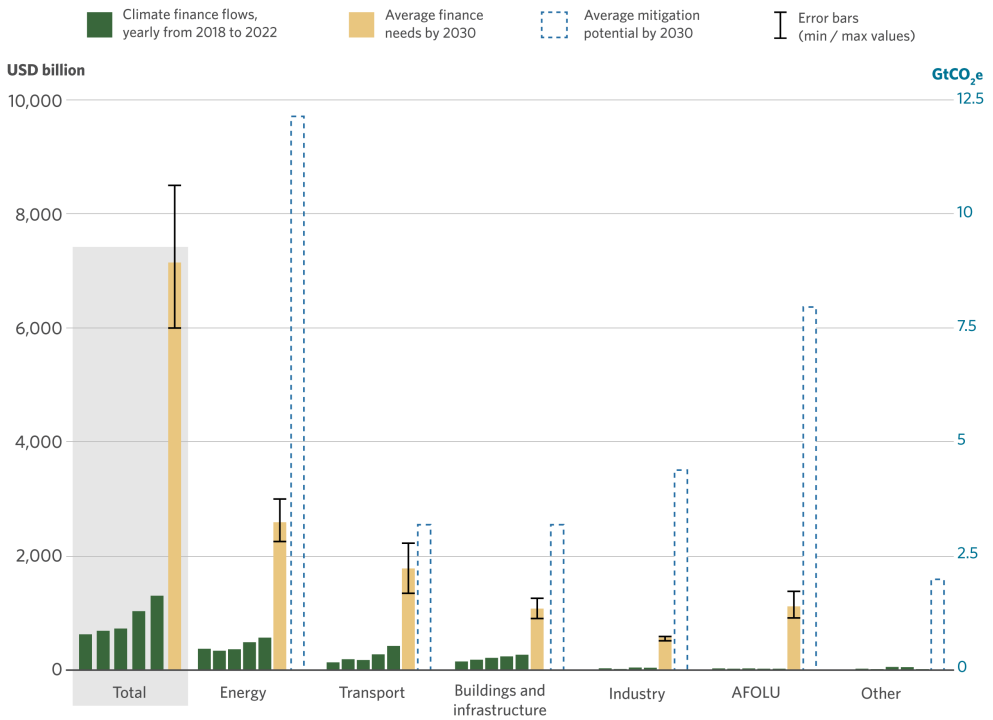
Sin embargo, varias barreras desincentivan la inversión en tecnologías climáticas

Altas necesidades de capital inicial para escalar
Las primeras plantas comerciales y fábricas requieren miles de millones antes de generar ingresos

Alta incertidumbre tecnológica
Muchas tecnologías emergentes aún no son competitivas en coste, y las curvas de coste y trayectorias tecnológicas futuras siguen siendo inciertas.

Horizontes de inversión largos
Las inversiones en infraestructuras y deep tech tienen vidas útiles largas y plazos de recuperación lentos, poco atractivos para muchos inversores de capital riesgo

Riesgo político y regulatorio
Los futuros precios del carbono, subvenciones y regulaciones son inciertos, lo que dificulta prever la demanda y los flujos de caja

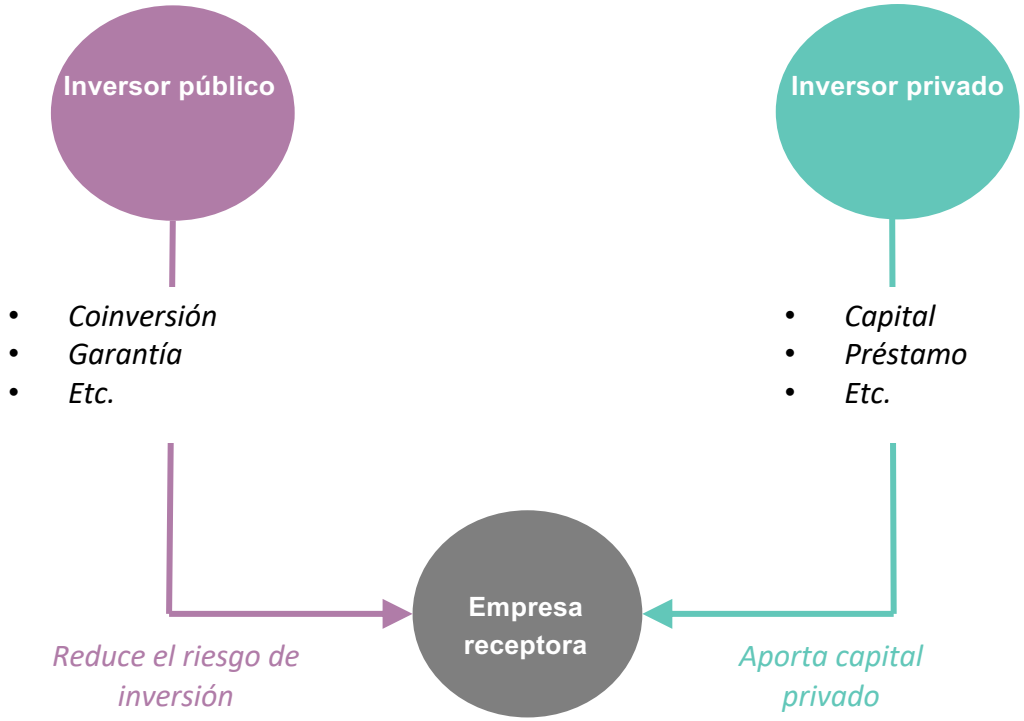


Note: Historical finance flows (2018-2022) are expressed in nominal USD. Climate finance needs for 2023-2030 are expressed in constant 2022 USD. Average mitigation potential is sourced from UNEP (2024). Emissions Gap Report. This applies to similar analyses hereafter.

Source: Climate Policy Initiative

¿Cómo pueden las políticas públicas movilizar inversión privada en tecnologías climáticas?

En lugar de sustituir la inversión privada, los inversores públicos buscan movilizarla mediante coinversión



TESLA

SOLYNDRA®

Stegra

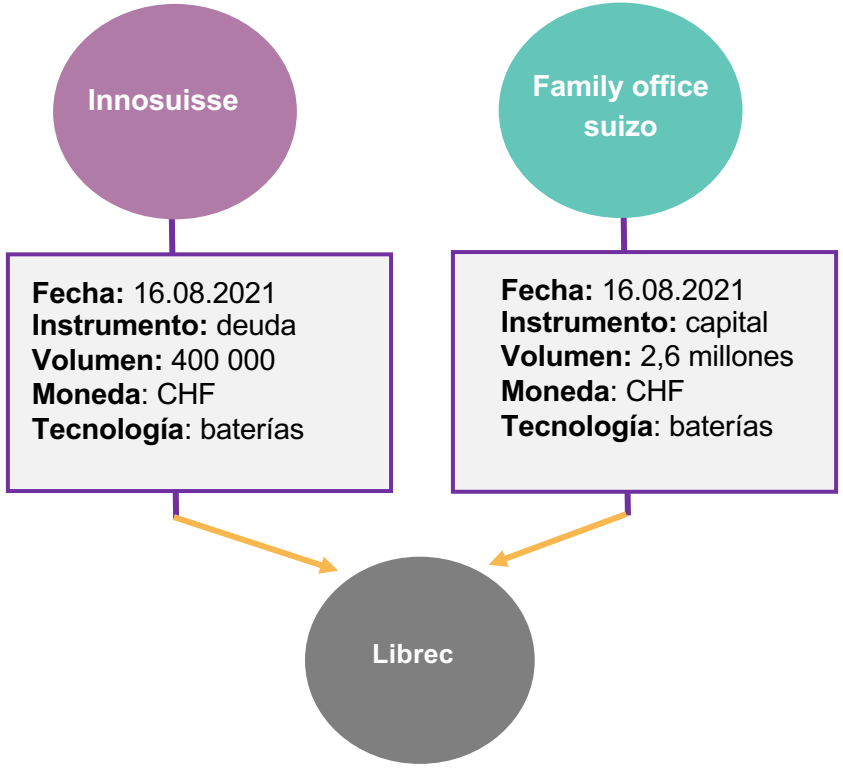
northvolt®

¿Es eficaz y adicional la cofinanciación pública?

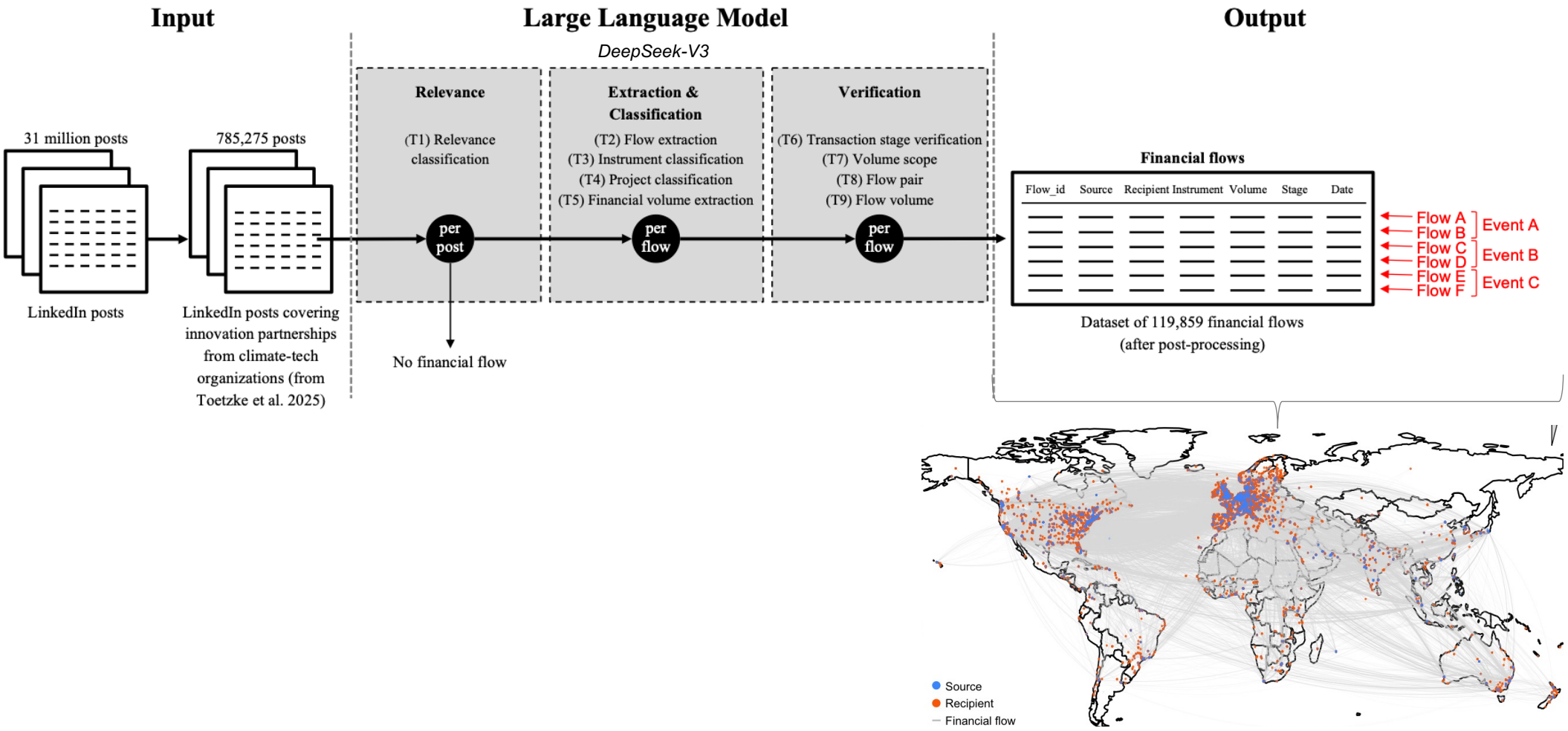
Extrajimos los flujos de inversión en tecnologías climáticas de anuncios en LinkedIn con grandes modelos de lenguaje

LIBREC
Environmental Services
Biberist, Solothurn

Librec capta 2,6 millones de francos en una ronda semilla sobresuscrita liderada por un family office suizo, acompañada de un préstamo de 400 000 de Innosuisse para impulsar el reciclaje de baterías (…).



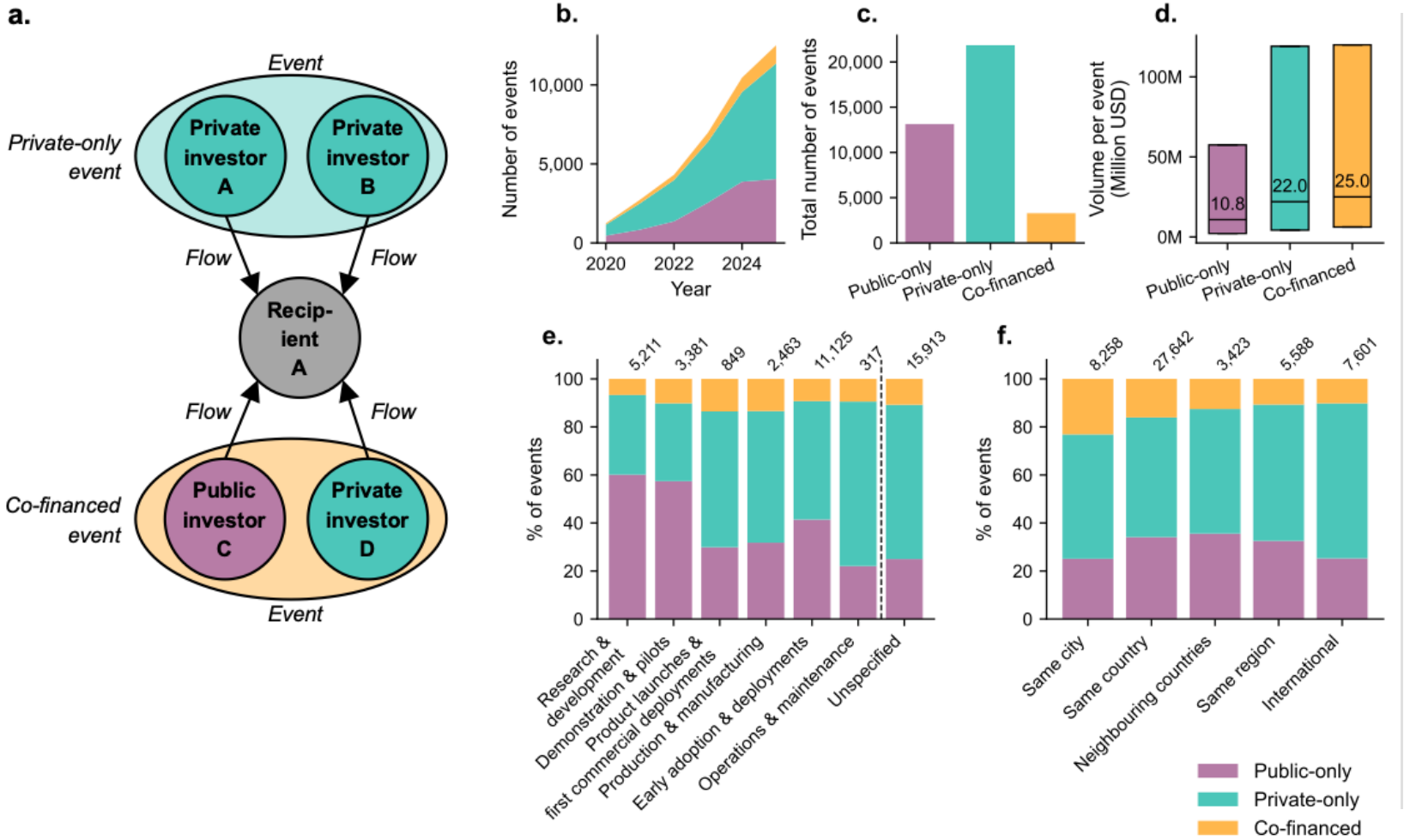
Lehofer, Egli, Toetzke (2026)



Flujos financieros mundiales hacia tecnologías climáticas (2020—2025)

Lehofer, Egli, Toetzke (2026)

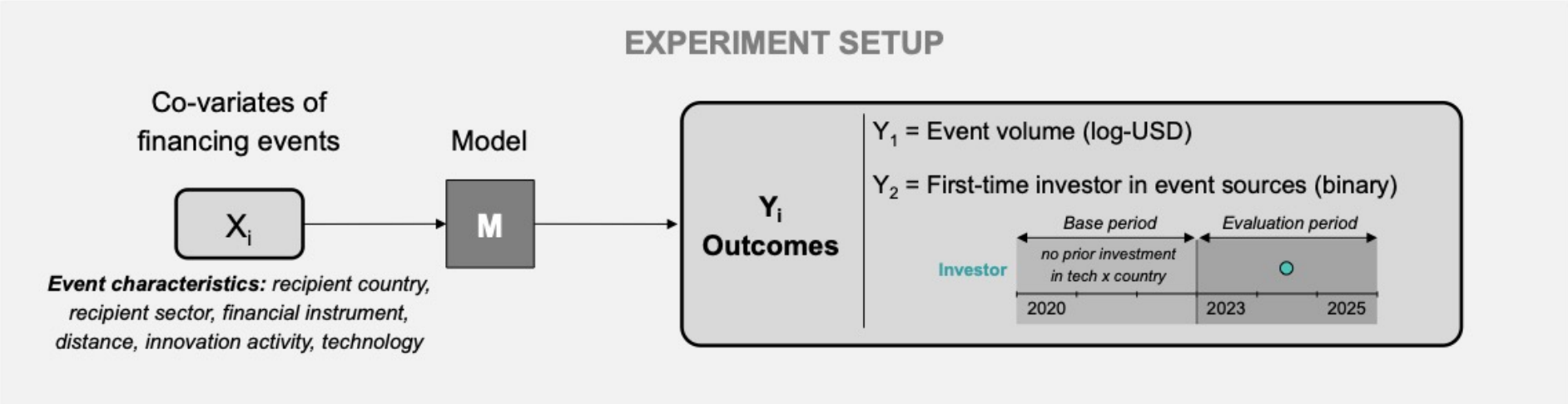
Extrajimos 100 000 flujos financieros en tecnología climática de más de 31 millones de publicaciones de empresas

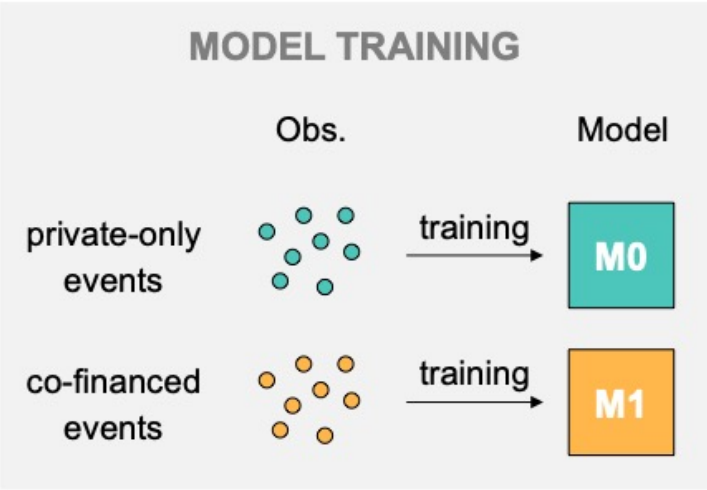


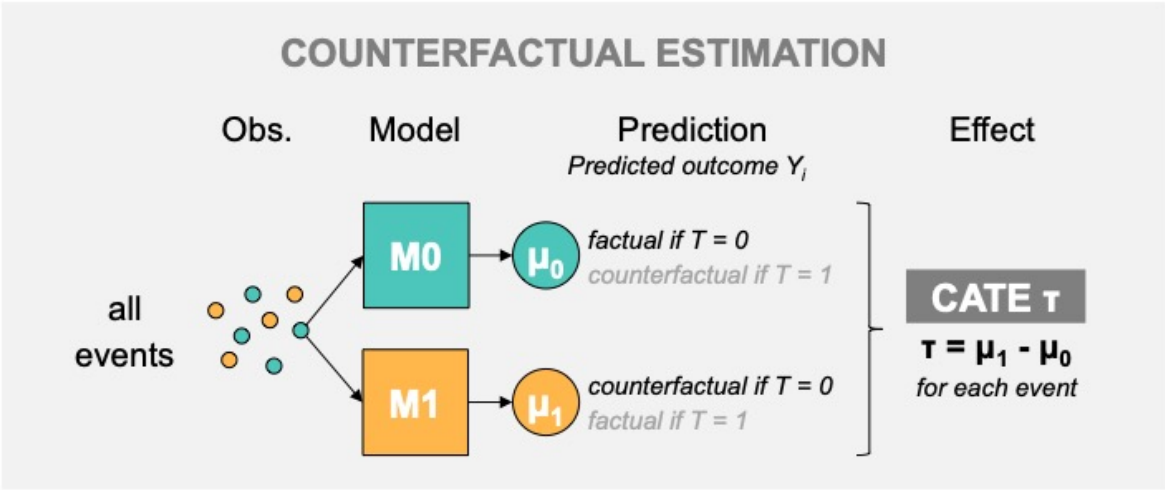
- ¿Moviliza la cofinanciación pública **nuevos inversores**? …que de otro modo no invertirían
- ¿Genera la cofinanciación pública **tickets de mayor volumen**? …¿o desplaza la inversión privada?

Lehofer, Egli, Toetzke (2026)

Usamos IA para estimar resultados contrafactuales





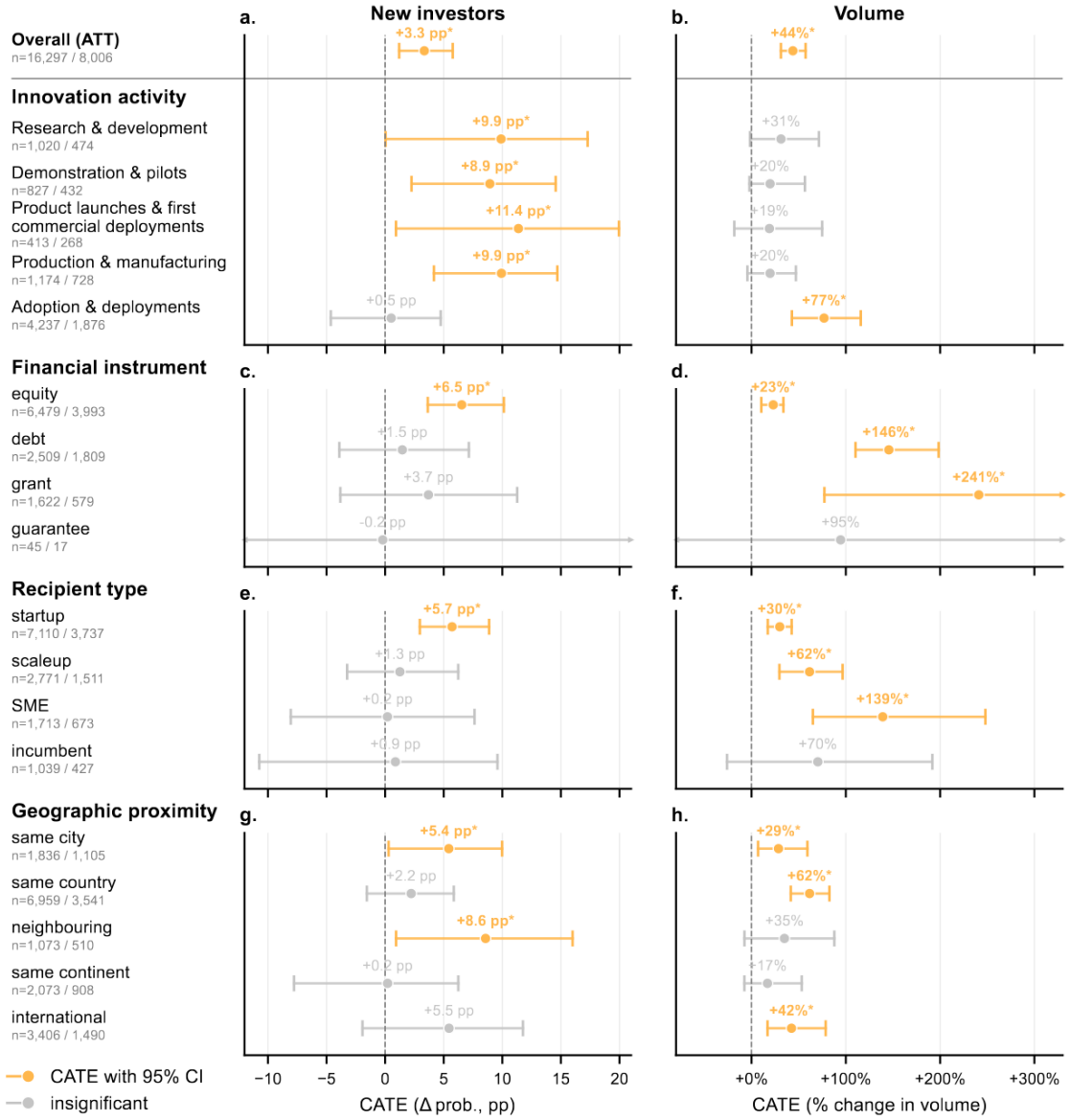


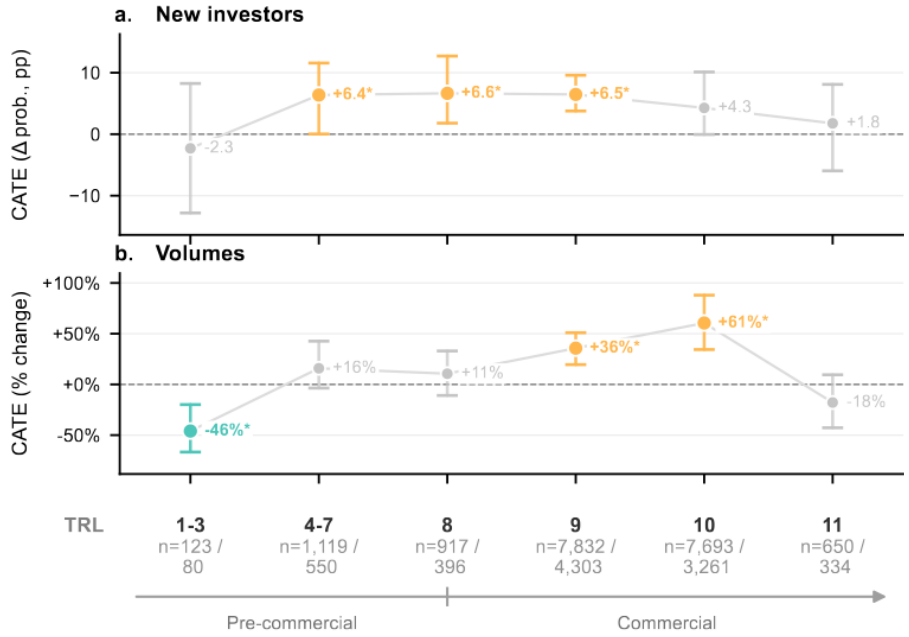
Modelo de referencia:
Árbol de decisión con gradient boosting (Ke, 2017)

Prueba de robustez:
Bosque causal (Athey, 2019)

Lehofer, Egli, Toetzke (2026)

La cofinanciación moviliza nuevos inversores en fases de innovación distintas de aquellas en las que moviliza mayores volúmenes





Grupo de TRL	Fase	Tecnologías típicas
TRL 1–3	**Investigación y prueba de concepto**	Investigación básica, experimentos de laboratorio y tecnologías en fase de prueba de concepto (p. ej. nuevas químicas de baterías, primeros materiales de DAC).
TRL 4–7	**Desarrollo y demostración**	Desarrollo de prototipos, plantas piloto y proyectos de demostración en condiciones cada vez más realistas (p. ej. electrolizadores de hidrógeno piloto, instalaciones de demostración de CAC).
TRL 8–10	**Primer despliegue comercial**	Primeras plantas comerciales y despliegue temprano en el mercado, con tecnologías probadas pero aún poco adoptadas (p. ej. primeras acerías verdes, plantas de SAF).
TRL 11	**Escala comercial y difusión**	Tecnologías maduras desplegadas a escala en mercados competitivos (p. ej. solar FV, eólica terrestre, baterías de ion-litio, bombas de calor).

Contribución, limitaciones y trabajo futuro

Contribución principal

- **Nueva fuente de datos:** primer mapa a gran escala de los flujos de inversión en tecnologías climáticas, incluida la cofinanciación pública (subvenciones, préstamos, garantías) que las bases comerciales no recogen
- **Evidencia causal:** estimaciones contrafactuales a nivel de empresa de si la cofinanciación pública moviliza capital privado
- **Focalización de políticas:** identifica dónde funciona la cofinanciación (TRL, instrumento, receptor, geografía)

Limitaciones

- **Selección en observables:** las estimaciones causales suponen que no hay factores no observados en las decisiones de cofinanciación
- **Datos autodeclarados:** volúmenes e instrumentos proceden de publicaciones de marketing, no de documentos auditados
- **Posibles sesgos geográficos:** los datos de LinkedIn representan unas regiones más que otras

Trabajo futuro

- **Vínculo con resultados:** relacionar la financiación movilizada con despliegue, patentes y capacidad de producción
- **Diseño de instrumentos:** qué instrumentos (garantía vs. préstamo vs. capital) movilizan más capital privado por unidad de dinero público
- **Evaluar programas específicos orientados a movilizar inversión privada**

Otros casos de uso de la IA para analizar la financiación de la innovación en tecnologías climáticas

Aportes financieros

¿Mapear y analizar la asignación de financiación a empresas y actividades de innovación?

¿Qué probabilidad tienen las empresas de acceder a financiación?

P. ej. predecir rondas de financiación a partir de patentes, productos, etc. con datos de Crunchbase e identificar sesgos regionales

(Ross et al. (2021), Ang et al. (2022))

¿Qué efecto tienen políticas concretas en la atracción de financiación privada?

P. ej. vincular las políticas de innovación con las empresas afectadas para evaluar su efecto en el acceso a la financiación

Resultados de innovación

¿Mapear los resultados de innovación y vincularlos con los aportes financieros?

¿Cuánta financiación necesitan las empresas para lograr ciertos resultados?

P. ej. predecir aportes financieros a partir de resultados de innovación (patentes, comercialización, capacidad de producción) y otros datos de empresa

¿A qué velocidad aprenden las tecnologías?

P. ej. seguir las mejoras de eficiencia de las tecnologías y las diferencias regionales para orientar oportunidades de inversión (Way et al. (2022))

Por dónde empezar: datos abiertos y herramientas de IA para finanzas climáticas

	A — Finanzas internacionales	B — Mercados financieros	C — Financiación de la innovación
Conjuntos de datos abiertos	OECD CRS — 2,7 M de descripciones de proyectos de ayuda al desarrollo (gratis) AidData GCDF v3.0 — 21 000 proyectos de ayuda al desarrollo financiados por China Climate Watch — textos y datos de las contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC) (CC BY) Climate Funds Update — fondos multilaterales	SEC EDGAR — texto completo de las divulgaciones financieras de empresas Datos de exposición de Sautner et al. — exposición de las empresas al cambio climático Net Zero Tracker — panorama de objetivos de cero neto GeoAsset — bases abiertas de activos (acero, cemento)	Google Patents BigQuery — códigos CPC Y02 de tecnologías verdes IRENA — datos de costes y capacidad renovable Global Energy Monitor — seguimiento de activos por unidad
Modelos de IA ajustados, herramientas y código	ClimateBERT — 16 modelos, 7 conjuntos de datos (Hugging Face) Climate Policy Radar — búsqueda PLN en políticas climáticas mundiales	ClimateBERT — 16 modelos, 7 conjuntos de datos (Hugging Face) ChatReport — análisis de informes con LLM (código abierto) CLIMADA — motor abierto de riesgos físicos	Climate TRACE — emisiones por satélite + AA a nivel de activo (CC BY) MIT tech rates / SFI PCDB — curvas de aprendizaje tecnológico

Observaciones importantes

1 Las definiciones importan

- Las definiciones de categorías influyen mucho en los resultados
- La automatización aporta coherencia, no objetividad
- El desacuerdo entre anotadores muestra si las definiciones son claras

2 Las finanzas valoran un futuro que los datos no han visto

- Los resultados de los modelos pueden generar exceso de confianza ante resultados muy inciertos
- Trabaje con escenarios

3 Entienda el propósito original de sus datos

- Los 8-K son documentos legales. Las publicaciones de LinkedIn son marketing
- Los datos pueden contener ruido o afirmaciones falsas (ecopostureo)

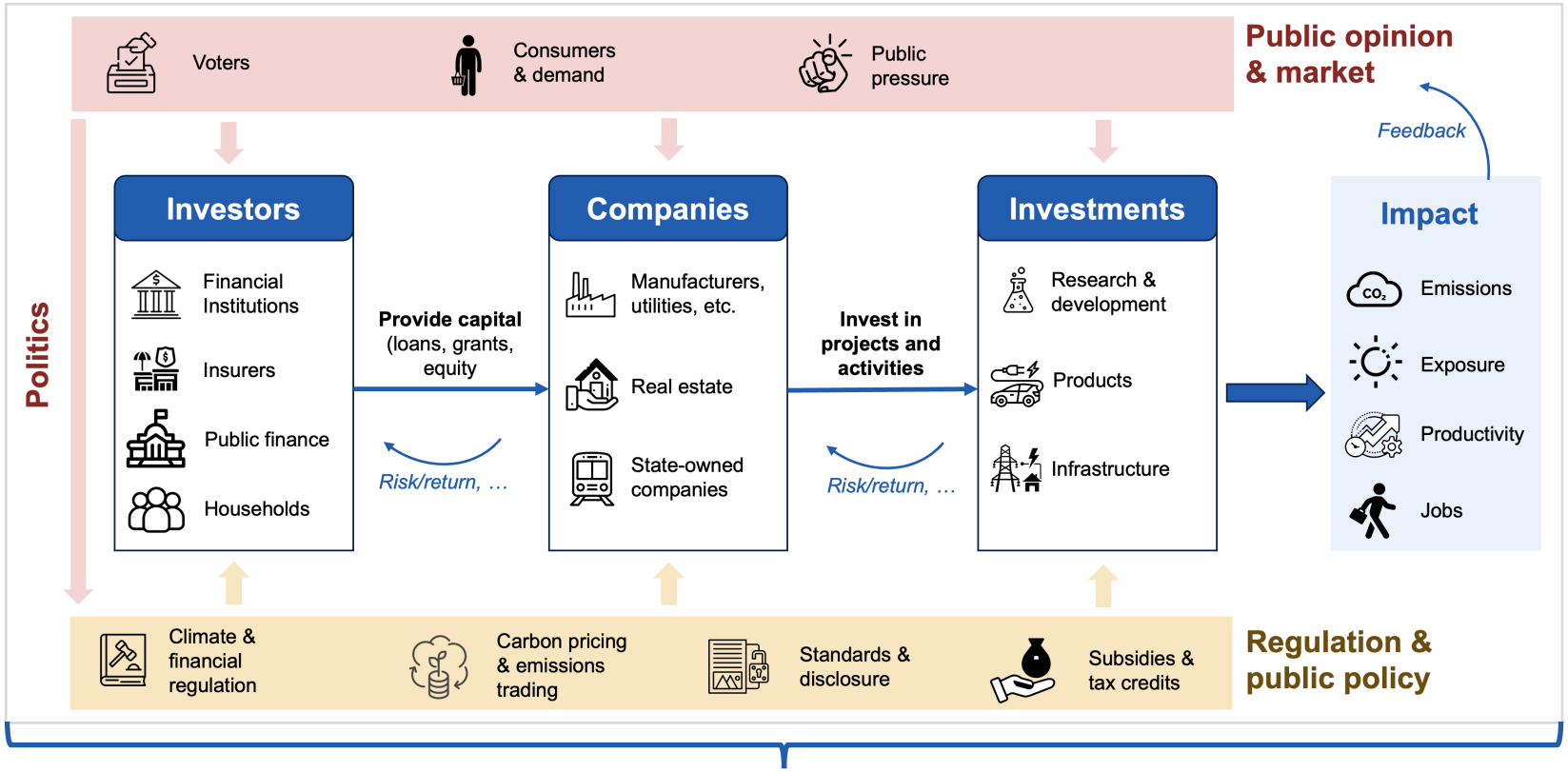
4 Lo medido reacciona a ser medido

- Cuando una puntuación importa, el lenguaje se adapta (p. ej. notificación de financiación climática)
- Prefiera señales costosas de falsear (p. ej. patentes, datos financieros)

Valide siempre la información extraída y las predicciones con

- Otros conjuntos de datos
- Hipótesis de expertos
- Resultados reales

¿Dónde se contradicen los resultados y por qué?



- **Mapear las brechas de financiación:** ¿adónde fluye la financiación y dónde sigue faltando?
- **Orientar decisiones de financiación:** ¿qué empresas, tecnologías o proyectos son buenas o malas inversiones?
- **Evaluar el impacto de las inversiones:** ¿qué inversiones generan más despliegue, reducción de emisiones o resiliencia?

¡Gracias!

Malte Toetzke
Investigador posdoctoral, TU Múnich
Investigador sénior, Instituto Max Planck de Innovación y Competencia

malte.toetzke@tum.de
TUM School of Social Sciences and Technology
Augustenstr. 40 | 80333 Munich | Germany
Sitio web: maltetoetzke.com

Referencias

Addoum, J., Ng, D., Ortiz-Bobea, A. (2020). Temperature Shocks and Establishment Sales. Review of Financial Studies 33(3).

Ang, Y. Q., Chia, A., Saghafian, S. (2022). Using Machine Learning to Demystify Startups' Funding, Post-Money Valuation, and Success. In: Innovative Technology at the Interface of Finance and Operations, Springer.

Athey, S., Tibshirani, J., Wager, S. (2019). Generalized Random Forests. Annals of Statistics 47(2).

Barrot, J.-N., Sauvagnat, J. (2016). Input Specificity and the Propagation of Idiosyncratic Shocks in Production Networks. Quarterly Journal of Economics 131(3).

Bingler, J., Kraus, M., Leippold, M., Webersinke, N. (2022). Cheap Talk and Cherry-Picking: What ClimateBert Has to Say on Corporate Climate Risk Disclosures. Finance Research Letters 47.

Climate Policy Initiative (2024). Global Landscape of Climate Finance 2024.

Cohen, L., Gurun, U., Nguyen, Q. (2025). The ESG-Innovation Disconnect: Evidence from Green Patenting. Management Science.

Colesanti Senni, C., Schimanski, T., Bingler, J., Ni, J., Leippold, M. (2025). Using AI to Assess Corporate Climate Transition Disclosures. Environmental Research Communications.

Haščič, I., Migotto, M. (2015). Measuring Environmental Innovation Using Patent Data (ENV-TECH). OECD Environment Working Papers No. 89.

IPCC (2022). Climate Change 2022: Mitigation. AR6 WGIII, Ch. 15 (Investment and Finance).

Ke, G., et al. (2017). LightGBM: A Highly Efficient Gradient Boosting Decision Tree. NeurIPS 30.

Krueger, P., Sautner, Z., Starks, L. (2020). The Importance of Climate Risks for Institutional Investors. Review of Financial Studies 33(3).

Kruttli, M., Roth Tran, B., Watugala, S. (2025). Pricing Poseidon: Extreme Weather Uncertainty and Firm Return Dynamics. Journal of Finance 80.

Künzel, S., Sekhon, J., Bickel, P., Yu, B. (2019). Metalearners for Estimating Heterogeneous Treatment Effects Using Machine Learning. PNAS 116(10).

Lehofer, C., Egli, F., Toetzke, M. (2026). Public–private co-financing can mobilize private investments in climate technologies. On request.

Pankratz, N., Bauer, R., Derwall, J. (2023). Climate Change, Firm Performance, and Investor Surprises. Management Science 69(12).

Pankratz, N., Schiller, C. (2024). Climate Change and Adaptation in Global Supply-Chain Networks. Review of Financial Studies 37(6).

Ross, G., Das, S., Sciro, D., Raza, H. (2021). CapitalVX: A Machine Learning Model for Startup Selection and Exit Prediction. Journal of Finance and Data Science 7.

Sautner, Z., van Lent, L., Vilkov, G., Zhang, R. (2023). Firm-Level Climate Change Exposure. Journal of Finance 78(3).

Schimanski, T., Gostlow, G., Toetzke, M., Leippold, M. (2024). What Firms Actually Lose (and Gain) from Extreme Weather Event Impacts. Working paper (SSRN).

Stroebel, J., Wurgler, J. (2021). What Do You Think about Climate Finance? Journal of Financial Economics 142(2).

Toetzke, M., Stünzi, A., Egli, F. (2022). Consistent and Replicable Estimation of Bilateral Climate Finance. Nature Climate Change 12.

Toetzke, M., Probst, B., Feuerriegel, S., Diaz Anadon, L., Hoffmann, V. H. (2024). Analyzing the Dynamics of Innovation Networks in Climate Technologies Using Large Language Models. Working paper (SSRN).

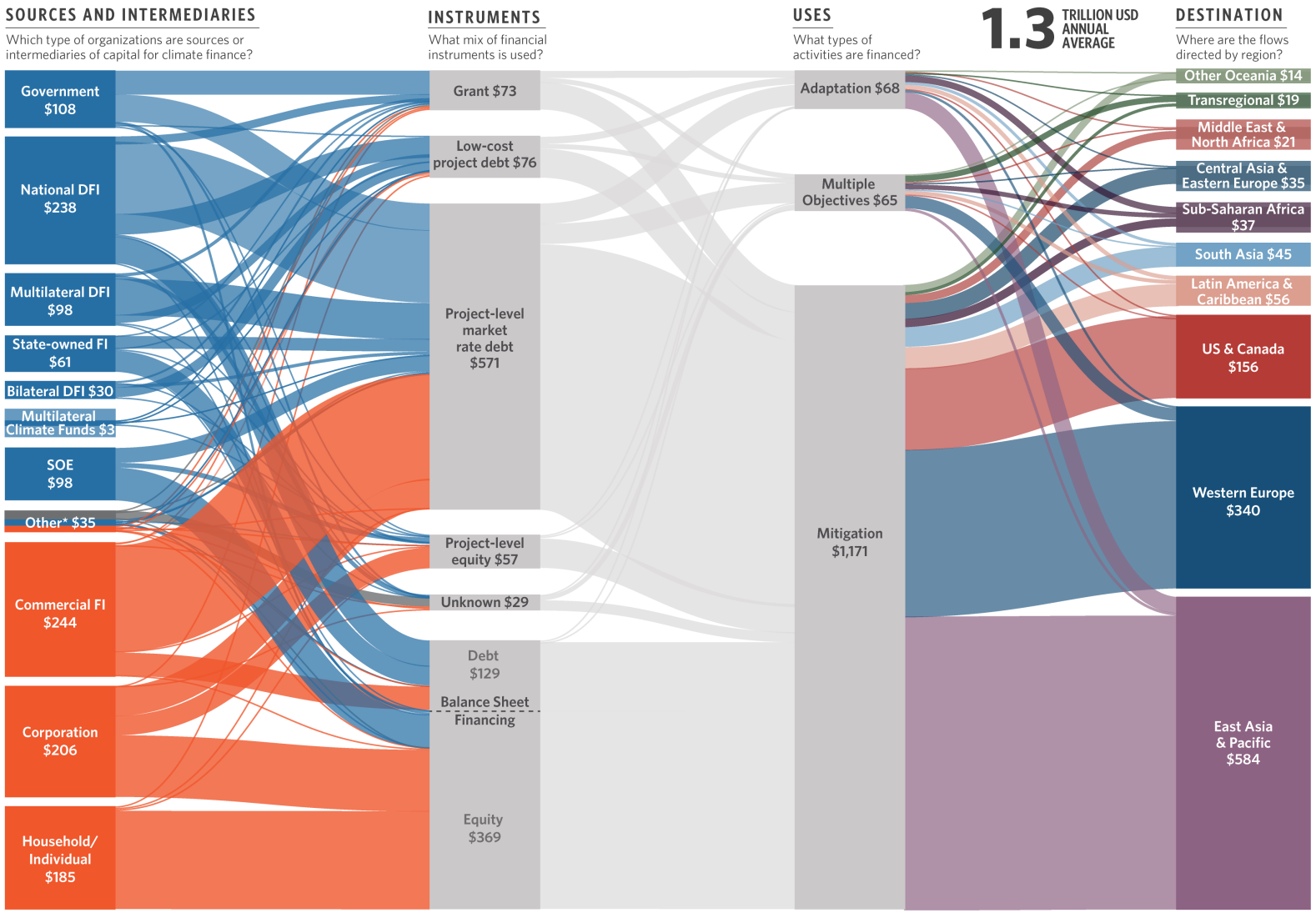
UNEP (2023). Adaptation Gap Report 2023.

LANDSCAPE OF CLIMATE FINANCE IN 2021/2022

Global climate finance flows along their life cycle in 2021 and 2022. Values are averages of two years' data to smooth out fluctuations, in USD billions

CLIMATE POLICY INITIATIVE

1.3 TRILLION USD ANNUAL AVERAGE



"Other" public sources include export credit agencies and unknown public funds
"Other" private sources include institutional investors, funds, and unknown

Source: Climate Policy Initiative

El sector privado es clave:

Más de la mitad de la financiación climática procede de fuentes privadas

La rentabilidad y el riesgo importan:

La gran mayoría de la financiación climática se basa en deuda (préstamos)

La adaptación sigue siendo pequeña:

Menos del 10 % de la financiación climática va a adaptación

Los países en desarrollo están infrafinanciados:

Menos del 25 % de la financiación climática llega a mercados emergentes* y PMA

*excluida China