

EL PULSO DEL PLANETA: UNA HISTORIA CONTADA EN CARBONO

Carrera: TSCIA

Materia: Análisis y Exploración de Datos.

Alumno: Núñez Mauro Nicolás.

Un análisis sobre las emisiones globales de CO₂ y el futuro del clima

EL INVISIBLE QUE LO CAMBIA TODO

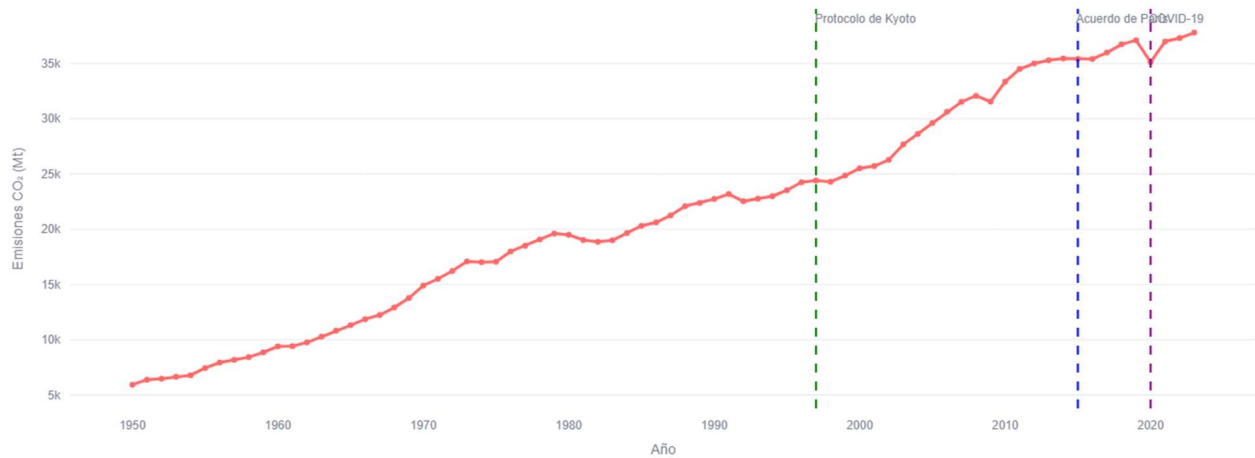
Cada vez que encendemos un interruptor, manejamos al trabajo, o compramos un producto nuevo, liberamos moléculas invisibles que permanecerán en la atmósfera por siglos. Son moléculas de dióxido de carbono (CO₂), y aunque no podemos verlas ni olerlas, están reescribiendo la historia del clima de la Tierra.

Desde la Revolución Industrial, hace apenas 250 años, hemos extraído carbono que la naturaleza tardó millones de años en enterrar, y lo hemos devuelto a la atmósfera en un parpadeo geológico. Hemos emitido más de **1.5 billones de toneladas** de CO₂, elevando la temperatura global 1.1°C. Puede parecer poco, pero es suficiente para derretir glaciares milenarios, intensificar huracanes, y desplazar comunidades enteras.

Esta es la historia de cómo llegamos aquí, quiénes somos los responsables, y qué nos dice la ciencia sobre nuestro futuro.

LA GRAN ACELERACIÓN

Evolución de Emisiones: World



En verde: Protocolo de Kyoto | *En azul: Acuerdo de París*. | *En violeta: COVID-19*

1950-1980: El despegue económico

Después de la Segunda Guerra Mundial, el mundo entró en un período de prosperidad sin precedentes. Europa se reconstruía, Estados Unidos consolidaba su hegemonía industrial, y Japón emergía como potencia tecnológica. Las fábricas rugían día y noche, alimentadas por carbón y petróleo barato.

En 1950, las emisiones globales rondaban las **6,000 millones de toneladas** al año. Para 1980, esa cifra se había triplicado a más de **18,000 millones de toneladas**. Fue la era dorada del consumo: automóviles para cada familia, electrodomésticos en cada hogar, y una creencia inquebrantable en que el crecimiento económico no tenía límites.

La energía lo impulsaba todo, y esa energía provenía casi exclusivamente de combustibles fósiles. El carbón alimentaba las centrales eléctricas de China, Estados Unidos y Europa del Este. El petróleo movía millones de vehículos en las autopistas de América y Europa. El gas natural comenzaba a calentar los hogares de las clases medias emergentes.

Nadie hablaba entonces de "cambio climático". Las chimeneas eran símbolos de progreso, no de amenaza.

1980-2000: Las primeras advertencias

En 1988, el científico James Hansen testificó ante el Congreso de Estados Unidos con una advertencia dramática: "El calentamiento global ha comenzado". Era el mismo año en que se fundaba el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), el organismo científico más importante en el estudio del clima.

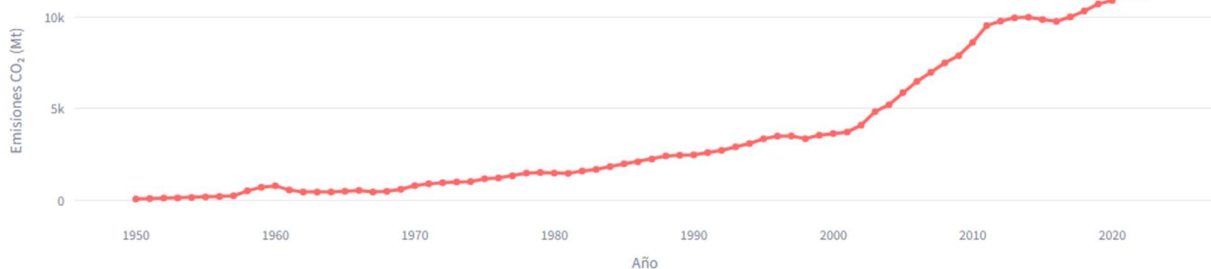
Pero las emisiones no se detuvieron. Al contrario, la caída del Muro de Berlín en 1989 y la apertura económica de China aceleraron aún más el consumo de energía. Para el año 2000, las emisiones alcanzaban las **25,000 millones de toneladas** anuales.

Los científicos acumulaban evidencias. Los glaciares se retiraban. Las temperaturas aumentaban. Los eventos climáticos extremos se intensificaban. En 1997, el mundo adoptó el Protocolo de Kyoto, el primer tratado internacional para reducir emisiones. Pero tenía una falla fatal: Estados Unidos nunca lo ratificó, y China e India, las futuras superpotencias emisoras, no tenían obligaciones de reducción.

La década de 1990 fue una oportunidad perdida. El mundo sabía del problema, pero no estaba dispuesto a cambiar su modelo de desarrollo.

2000-2015: El auge asiático y la paradoja del carbón

Evolución de Emisiones: China



Para 2023, China ya emite mas de 11,900 millones de toneladas de carbono

El siglo XXI comenzó con una paradoja: mientras Europa invertía en energías renovables y reducía gradualmente sus emisiones, Asia las disparaba a niveles nunca vistos.

China se convirtió en la "fábrica del mundo", y con ello, en el mayor emisor de CO₂ del planeta. Para alimentar su crecimiento económico del 10% anual, construyó cientos de centrales eléctricas de carbón. India, con su creciente clase media y su sed de energía, siguió un camino similar. Entre ambos países, representaban más del **40% del aumento global de emisiones** en esta década.

Para 2015, las emisiones globales habían alcanzado **36,000 millones de toneladas** anuales, seis veces más que en 1950.

Ese mismo año, 195 países firmaron el Acuerdo de París, comprometiéndose a limitar el calentamiento global "muy por debajo de 2°C" y esforzarse por mantenerlo en 1.5°C. Fue un

momento histórico: por primera vez, casi todas las naciones del mundo reconocían la urgencia de actuar.

Pero entre las promesas y la realidad había un abismo.

RETRATO DE UN PLANETA DIVIDIDO

Los gigantes emisores: El club de los responsables

Si el cambio climático fuera un crimen, tendríamos una lista clara de sospechosos principales.

Solo **10 países concentran el 67% de las emisiones globales:**

1. **China** (~11,000 Mt/año) - El gigante asiático lidera las emisiones absolutas, pero su economía también sostiene gran parte de la producción mundial. Cada iPhone, cada par de zapatillas, cada panel solar que usamos en Occidente, probablemente fue fabricado en China con electricidad de carbón.
2. **Estados Unidos** (~5,000 Mt/año) - Aunque ha reducido emisiones desde 2005, sigue siendo el segundo mayor emisor. Más importante aún, es el mayor **emisor histórico acumulado**: responsable del 25% de todo el CO₂ emitido desde la Revolución Industrial.
3. **India** (~2,700 Mt/año) - Con 1,400 millones de habitantes, muchos aún sin acceso a electricidad confiable, enfrenta el dilema del desarrollo: ¿cómo sacar de la pobreza a millones sin aumentar emisiones?
4. **Rusia** (~1,700 Mt/año) - Economía dependiente del petróleo y gas, con poca diversificación energética.
5. **Japón** (~1,100 Mt/año) - A pesar de su eficiencia tecnológica, el cierre de plantas nucleares tras Fukushima aumentó su dependencia del carbón.

Los demás del top 10 incluyen Alemania, Irán, Corea del Sur, Indonesia y Arabia Saudita. Juntos, estos países determinan el destino climático del planeta.

La trampa del desarrollo: ¿Quién tiene derecho a emitir?

Emisiones vs PIB (PPA) (año 2022)



Cada burbuja representa un país. El tamaño indica población y el color las emisiones per cápita.

Aquí surge una de las cuestiones éticas más complejas del siglo XXI: **¿Tienen los países en desarrollo el derecho de emitir CO₂ para crecer económicamente, como lo hicieron los países ricos?**

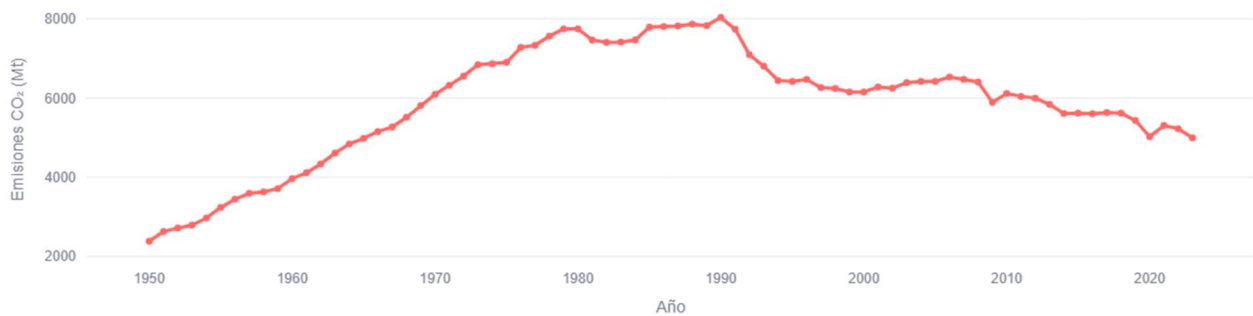
Un ciudadano estadounidense promedio emite **15 toneladas** de CO₂ al año. Un europeo, unas **7 toneladas**. Un chino, **8 toneladas**. Pero un indio emite apenas **2 toneladas**, y un africano subsahariano, menos de **1 tonelada**.

Mientras tanto, son precisamente los países con menores emisiones los que sufren las peores consecuencias: sequías en el Sahel, inundaciones en Bangladesh, huracanes en el Caribe, blanqueamiento de corales en el Pacífico.

Es la **injusticia climática** en su forma más descarnada: quienes menos contribuyeron al problema son quienes más sufren sus efectos.

Europa: El continente que se toma en serio el clima

Evolución de Emisiones: Europe



Europa es la excepción en esta historia. Desde 1990, ha logrado reducir sus emisiones en más del **25%** mientras mantenía crecimiento económico. ¿Cómo?

- **Transición energética agresiva:** Inversión masiva en eólica (especialmente en Alemania, España y Dinamarca) y solar.
- **Precio al carbono:** El sistema de comercio de emisiones de la UE hace que contaminar sea cada vez más caro.
- **Cierre de plantas de carbón:** Reino Unido pasó de 40% de electricidad de carbón en 2012 a 2% en 2020.
- **Eficiencia energética:** Edificios mejor aislados, electrodomésticos eficientes, transporte público electrificado.

Europa demuestra que **la descarbonización es posible sin sacrificar prosperidad**. Pero también es el continente más rico del mundo, con recursos para invertir en tecnología verde. No todos los países tienen ese lujo.

EL COSTO INVISIBLE DEL CARBONO

Lo que un número no te dice

Cuando decimos "36,000 millones de toneladas de CO₂", es difícil comprender su magnitud. Intentemos visualizarlo:

- Si ese CO₂ fuera sólido, **cubriría toda la isla de Manhattan con una capa de 9 kilómetros de altura.**
- Es el equivalente a **quemar 15 mil millones de barriles de petróleo** cada año.
- Representa el trabajo de **8,000 centrales eléctricas de carbón** operando sin parar.

Pero el verdadero costo no está en las toneladas, sino en sus consecuencias:

El planeta que estamos creando

1.1°C de calentamiento ya ha generado:

- **Glaciares derretidos:** Los Alpes han perdido el 50% de su masa glaciar desde 1900. Groenlandia pierde 280 mil millones de toneladas de hielo cada año.
- **Océanos moribundos:** Los corales, que albergan el 25% de la vida marina, están muriendo. El Gran Arrecife de Coral australiano ha sufrido cinco eventos de blanqueamiento masivo en siete años.
- **Eventos extremos:** Los incendios forestales en California, Australia y la Amazonía son cada vez más frecuentes y devastadores. Las olas de calor matan a miles en Europa, India y Medio Oriente. Los huracanes se intensifican más rápido y causan inundaciones catastróficas.
- **Migraciones climáticas:** Se estima que para 2050, **200 millones de personas** tendrán que abandonar sus hogares por causas climáticas.

Y esto es solo con 1.1°C. El Acuerdo de París busca limitar el aumento a 1.5°C. Pero con las políticas actuales, vamos camino a **2.7°C** para fin de siglo.

A 2.7°C, el mundo sería irreconocible:

- Ciudades costeras bajo el agua
- Sequías permanentes en regiones agrícolas
- Colapso de ecosistemas enteros
- Conflictos por recursos (agua, alimentos, tierra habitable)

LOS CAMINOS DEL FUTURO

Escenario 1: Business as usual (2.7°C - 3°C)

Si no hacemos nada drástico, este es nuestro destino. Las emisiones seguirán creciendo lentamente hasta 2030, luego se estabilizarán, pero para entonces habremos quemado todo nuestro "presupuesto de carbono".

Consecuencias:

- Pérdida irreversible de la capa de hielo de Groenlandia
- Desaparición de ciudades costeras (Miami, Venecia, Bangkok, Yakarta)
- Migraciones masivas desde África, Medio Oriente y Asia del Sur
- Colapso de industrias enteras (pesca, agricultura en zonas críticas)
- Conflictos geopolíticos por agua y alimentos

Escenario 2: El camino de París (1.8°C - 2°C)

Si todos los países cumplen sus compromisos actuales del Acuerdo de París, llegaríamos a un calentamiento de entre 1.8°C y 2°C. Es mejor que el escenario anterior, pero insuficiente.

Qué se necesita:

- Reducir emisiones globales en 25% para 2030 vs niveles de 2020
- Alcanzar neutralidad de carbono para 2070
- Inversión masiva en renovables y eficiencia

Consecuencias (aún así):

- Eventos climáticos extremos más frecuentes
- Pérdida significativa de biodiversidad
- Subida del nivel del mar de 0.5 metros para 2100
- Sistemas alimentarios bajo estrés

Escenario 3: La revolución verde (1.5°C)

Es el escenario más ambicioso, y requiere una transformación radical **inmediata**. Según el IPCC, mantener el calentamiento en 1.5°C requiere:

- **Reducir emisiones en 50% para 2030** (¡en solo 6 años!)
- **Neutralidad de carbono para 2050**
- **Remover CO₂ de la atmósfera** activamente (reforestación masiva, tecnologías de captura)

Lo que implica:

- Cierre total de centrales de carbón para 2035
- 60% de electricidad de fuentes renovables para 2030
- Electrificación masiva del transporte (100 millones de vehículos eléctricos anuales)
- Cambios en dieta (menos carne, menos desperdicio)
- Precio al carbono de al menos \$100/tonelada

¿Es posible? Técnicamente sí. Económicamente, también (costaría ~2% del PIB global). Políticamente, es la gran incógnita.

LAS SEÑALES DE ESPERANZA

A pesar del panorama sombrío, hay razones para el optimismo:

1. La revolución renovable ya comenzó

- La **energía solar es ahora la fuente de electricidad más barata de la historia** en la mayoría de los países.
- La capacidad eólica instalada se duplica cada 5 años.
- Los vehículos eléctricos pasaron de ser curiosidades a representar el 14% de las ventas globales en 2023.
- Las baterías son 90% más baratas que hace 10 años, haciendo viable el almacenamiento energético.

2. Los jóvenes exigen acción

Movimientos como Fridays for Future, liderados por Greta Thunberg, han movilizado a millones de jóvenes globalmente. Ya no es aceptable socialmente ser negacionista climático.

3. El sector privado se está moviendo

- **Apple, Google, Amazon** y otras tech giants se han comprometido a ser carbono-neutral.
- **Bancos y fondos de inversión** están desinvirtiendo en combustibles fósiles.
- Empresas como **Ørsted** (antes DONG Energy) han pasado de petroleras a líderes en eólica offshore.

4. La tecnología avanza rápido

- **Hidrógeno verde** como combustible limpio para industria pesada
- **Captura directa de aire** (DAC) para remover CO₂ de la atmósfera
- **Carne cultivada** y proteínas alternativas para reducir emisiones de ganadería
- **Fusión nuclear** que podría dar energía limpia ilimitada (aún experimental)

LA DÉCADA DECISIVA

Estamos en 2024. Los próximos 10 años determinarán si cumplimos con el Acuerdo de París o nos condenamos a un planeta radicalmente diferente.

No hay tiempo para pesimismo paralizante ni para optimismo ingenuo. Lo que se necesita es acción pragmática, colaboración global, y la voluntad de hacer cambios profundos en cómo vivimos, consumimos, y nos relacionamos con el planeta.

Cada décima de grado importa. Cada tonelada de CO₂ evitada importa. Cada bosque protegido, cada panel solar instalado, cada vehículo eléctrico, cada política climática ambiciosa, cada empresa que cambia su modelo de negocio, cada persona que exige acción a sus líderes.

La historia del clima no está escrita aún. Todavía tenemos el lápiz en la mano.

La pregunta es: ¿qué historia queremos contar a las generaciones futuras?

Fuentes:

- IPCC Sixth Assessment Report (2021-2023)
- Global Carbon Project
- Our World in Data
- IEA World Energy Outlook
- NASA GISS Temperature Analysis