



Disparidad de emisiones de gases de efecto invernadero en la Región Cundinamarca-Bogotá

**Rodrigo Jimenez ^{a,*}, Ana Derly Pulido-Guio ^{a,b},
Elizabeth Leon-Velasquez ^c**

a) Universidad Nacional de Colombia – Bogotá, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Grupo de Investigación en Calidad del Aire

b) Consultora; Anterior Líder del INGEI/TCNCC, IDEAM, Bogotá

c) Universidad EAN, Facultad de Ingeniería,
Grupo de Investigación en Gestión Ambiental, Bogotá

* rjimenezp@unal.edu.co

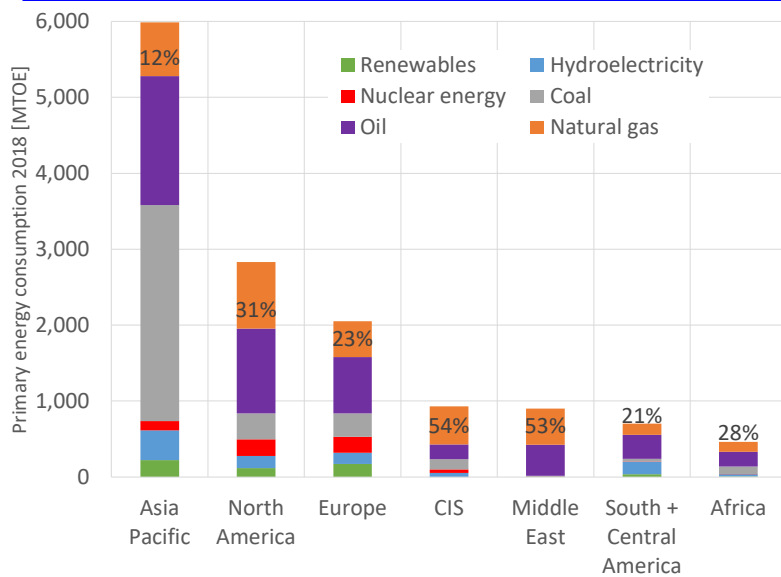
Foro Anual de Sostenibilidad 2020

CAMACOL Bogotá & Cundinamarca, septiembre 23, 2020

Contenidos

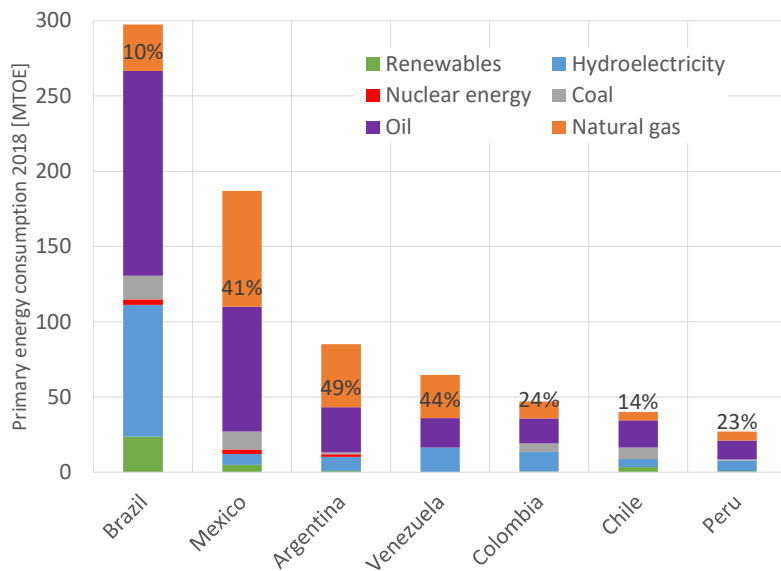
- Consumo energético global y en Latinoamérica
- Emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI)
- Aumento del efecto invernadero → necesidad hoja ruta hacia la decarbonización total!
- Energía, economía y emisiones
- Inventario nacional y departamental de emisiones de GEI
- Series temporales, distribución departamental de emisiones, emisiones per cápita
- Emisiones en la región Cundinamarca – Bogotá
- Entendiendo la disparidad
- Conclusiones

Fuentes de energía primaria – global



- Participación global: petróleo (34%) > carbón (27%) ≈ **gas natural (24%)** >> hidroelectricidad (7%) > nuclear ≈ renovables (~4%)
- **Carbón provee mitad (47%) EP Asia Pacífico → reemplazo apremiante**
- Participación GN va del 54% en la CEI a 12% en Asia Pacífico

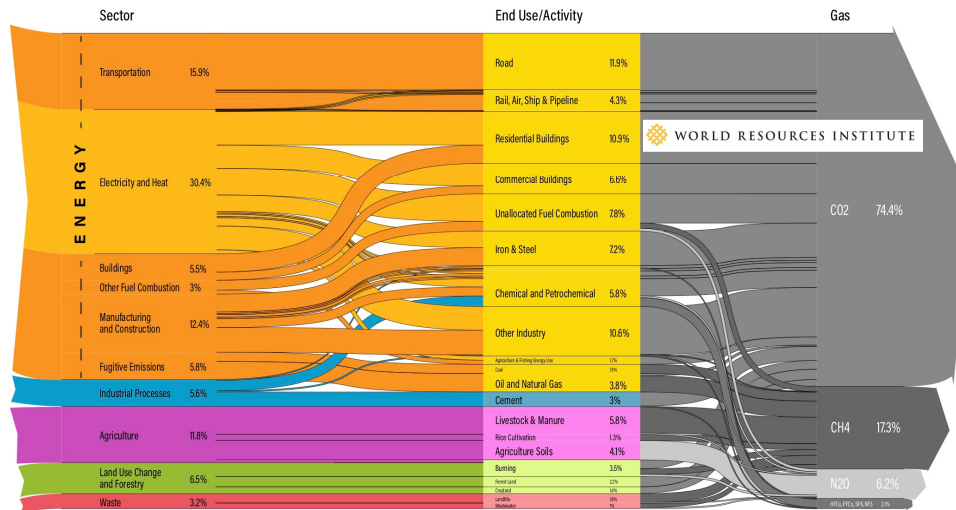
Fuentes de energía primaria – Latinoamérica



- Petróleo sigue siendo mayor fuente (45%)
- **GN participación promedio región 25%**
- Variaciones: Argentina, Venezuela, México >> Colombia, Perú >> Chile, Brasil
- Hidroelectricidad tercera fuente (19%)
- **Participación reducida carbón (5%)**
- Renovables proveen ~8% en Brasil y Chile

Emisiones globales gases efecto invernadero

Emisiones globales gases efecto invernadero (GEI) 2016 = 49.4 Gton CO₂ eq
(G = mil millones; eq = igual efecto calentamiento)



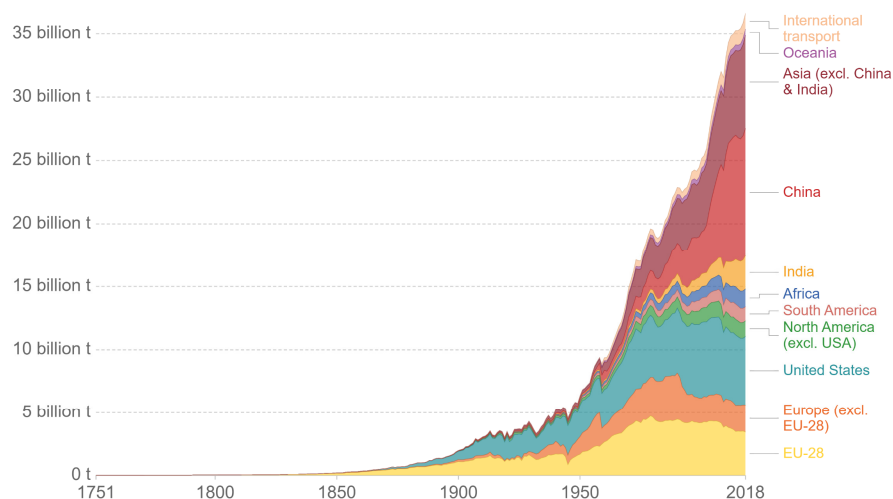
Participación construcción:

- **Directa** vía producción **cemento (3%)**, fracción **hierro + acero (7%)**
- **Indirecta** vía electricidad (calefacción) / transporte (km/año, congestión)

Emisiones globales gases efecto invernadero

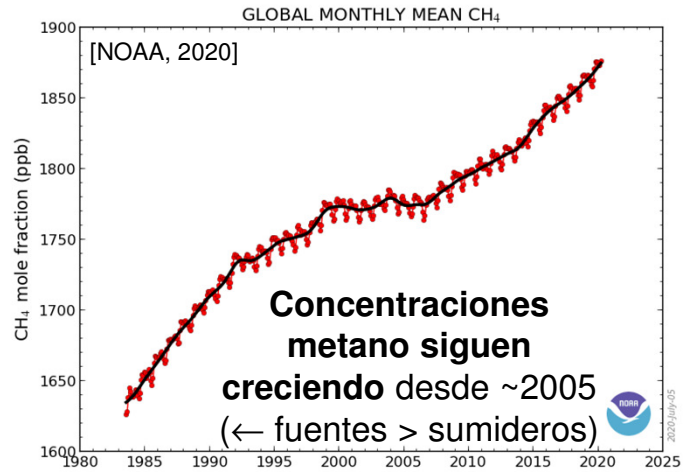
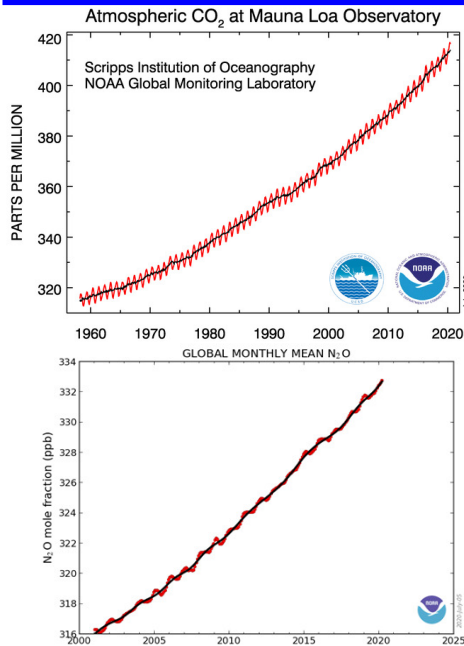
Annual total CO₂ emissions, by world region

This measures CO₂ emissions from fossil fuels and cement production only – land use change is not included.



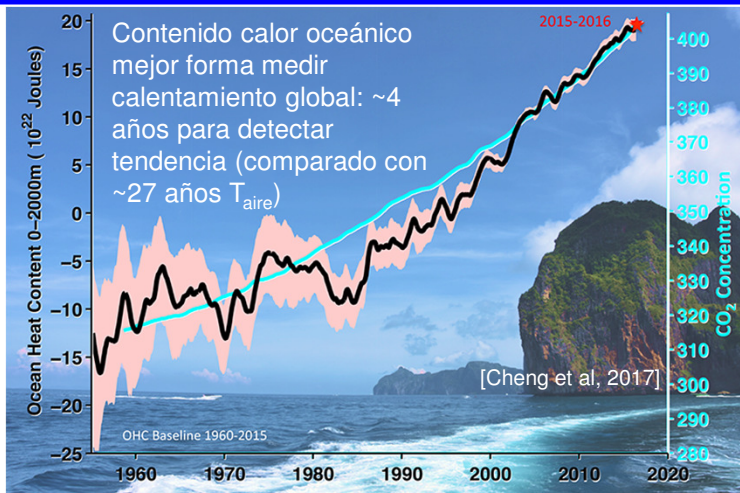
Source: Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC); Global Carbon Project (GCP)
Note: 'Statistical differences' included in the GCP dataset is not included here.
OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions • CC BY

Gases de efecto invernadero (GEI) de larga vida



Time horizon [years]	100	20
GWP [kg CO ₂ / kg CH ₄]	28	84

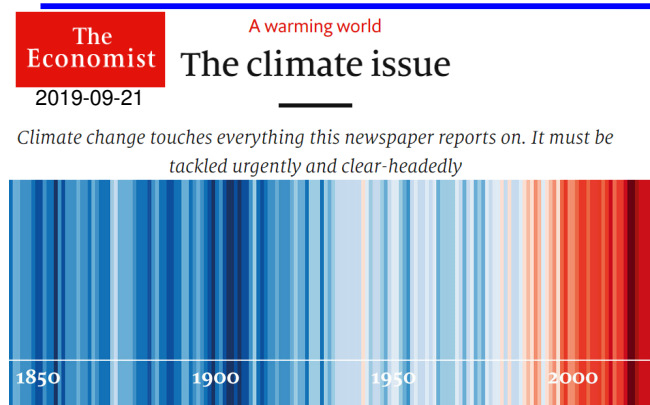
Aumento del efecto invernadero



Aumento GEI → desbalance energético terrestre (radiación entra – sale) → >90% exceso calor termina océanos

- Pregunta críticas → científicos → tomadores de decisiones / público en general:
- 1) ¿Qué tan rápido se está acumulando calor en el sistema terrestre?
 - 2) ¿Que tanto calentamiento adicional se espera en el futuro?

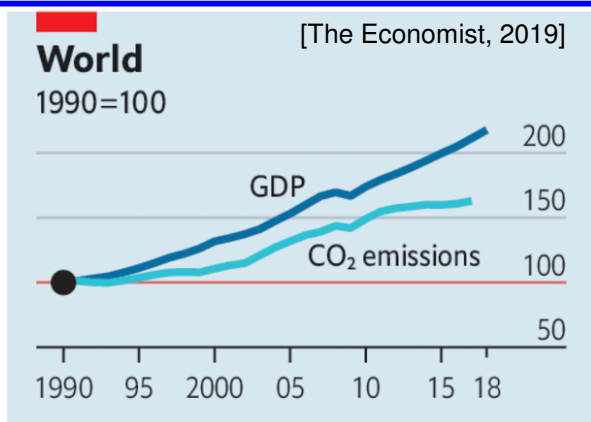
Cambio climático



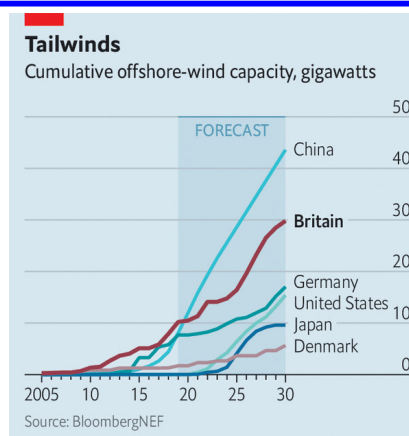
- ~1 °C de aumento desde la revolución industrial
- Blanco **promedio 1971-2000**, azul más frío, rojo más caliente → alta variabilidad pero **tendencia clara calentamiento acelerado**

Cambio climático, crecimiento poblacional, aumento / acumulación de riqueza ← origen común: combustión miles millones ton combustibles fósiles ← transporte, potencia eléctrica / industrial, calefacción, mecanización agrícola, computación (recientemente)

Economía, energía y emisiones



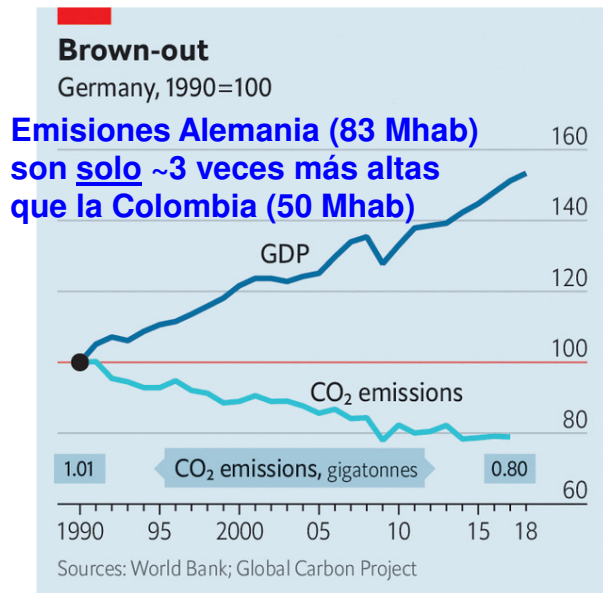
The Economist



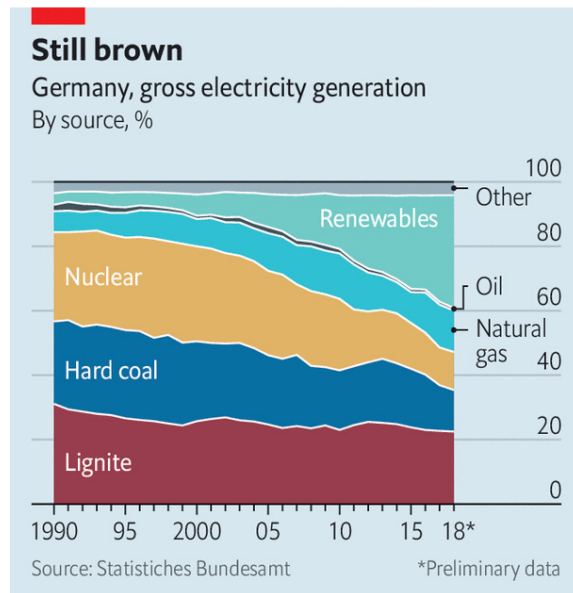
The Economist

Desarrollo económico implica aumento de la complejidad, extensión e intensidad de los procesos y uso de materias primas y recicladas, y por tanto **aumento del consumo energético, pero esto se debe desacoplar del aumento de la emisiones de contaminantes atmosféricos y gases de efecto invernadero**

Economía, energía y emisiones – Alemania

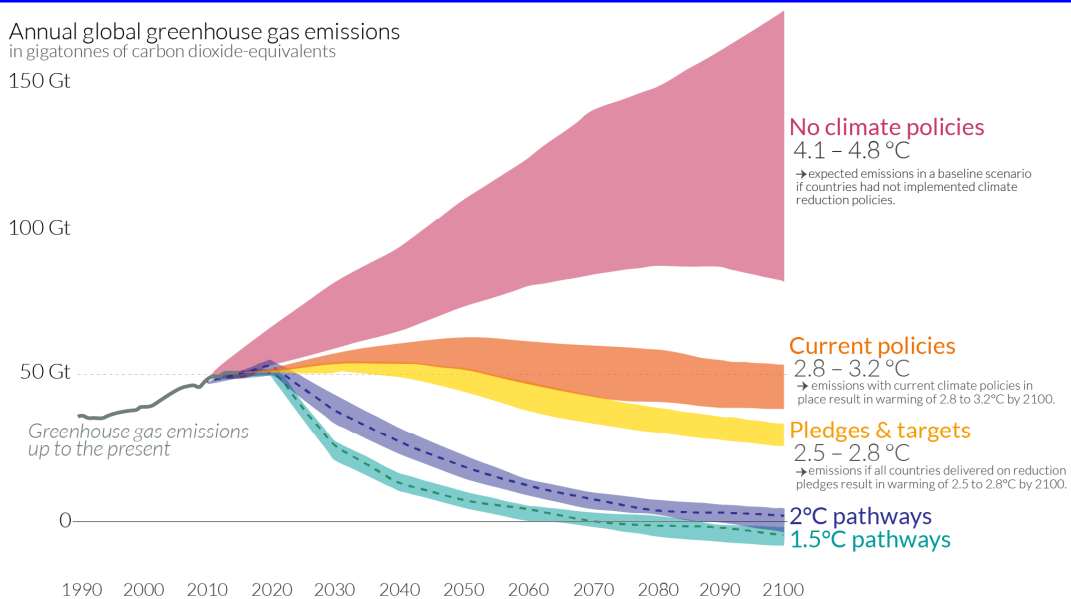


The Economist



The Economist

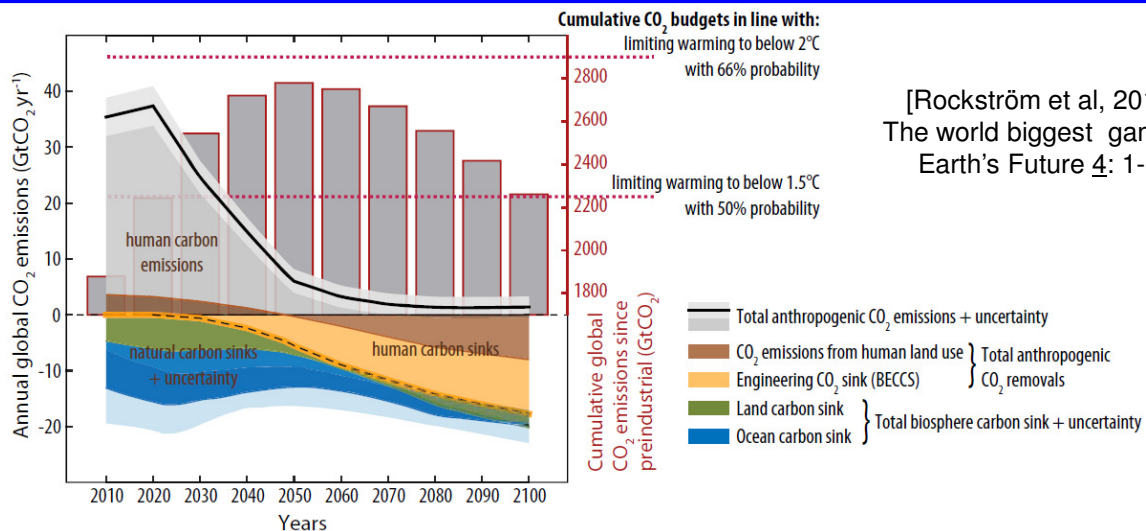
Emisiones y escenarios climáticos



Data source: Climate Action Tracker (based on national policies and pledges as of December 2019).
OurWorldinData.org – Research and data to make progress against the world's largest problems.

Licensed under CC-BY by the authors Hannah Ritchie & Max Roser.

Hoja de ruta hacia la decarbonización



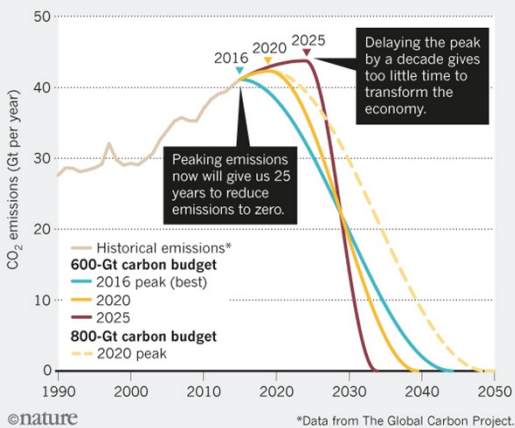
[Rockström et al, 2016. The world biggest gamble. Earth's Future 4: 1-6]

Limitar calentamiento a 2 °C requiere **pico de emisión @ 2020 + decarbonización total @ 2050 + emisiones negativas > 2050**

Hoja de ruta hacia la decarbonización

CARBON CRUNCH

There is a mean budget of around 600 gigatonnes (Gt) of carbon dioxide left to emit before the planet warms dangerously, by more than 1.5–2°C. Stretching the budget to 800 Gt buys another 10 years, but at a greater risk of exceeding the temperature limit.



[Figueres et al, 2017. Three years to safeguard our climate. Nature 546: 593-595]

- “Crédito C” para $\Delta T = 1.5-2 \text{ K} \approx 150-1050 \text{ Gton CO}_2\text{-eq}$ → a emisiones actuales → **4-15 años para alcanzar cero emisiones!**
- Emisiones siguen creciendo (o estables) después 2020 → **objetivo AP ($\Delta T < 2 \text{ K}$) inalcanzable**
- +1 K calentamiento global → **servicios ecosistémicos empiezan a colapsar**
- Ejemplo: **Aumento respiración heterotrófica: C suelos / atmósfera $\approx 2 \leftarrow R_H/R_S = 0.54 \rightarrow 0.63$ (1990→2014)** [Bond-Lamberty et al, 2018]
- **Emisiones GEI están empezando a crecer menos rápido que economía!**

Hoja de ruta hacia la decarbonización

- Países “quemarán inventario C remanente” (~400 GtCO₂ para $\Delta T \cong 1.5 \text{ }^\circ\text{C}$) → **~10 años más @ tasa actual ~40 GtCO₂/año !**
- Contribuciones AP → $\Delta T = 2.9 - 3.4 \text{ }^\circ\text{C}$ (1σ) @2100
- **Resiliencia sumideros C naturales probablemente deteriorándose** → algunos alcanzarán nivel balance
- Se requiere reducción CO₂ (largo plazo) y SLCF (CH₄, HFC, aerosoles – BC, NO₃)
- Tecnologías emisión negativa (NET): **captura C biósfera ← prácticas manejo tierra**; CCS: almacenamiento y captura C; **bioenergía con CCS** (BECCS → comparable al sumidero oceánico!)
- **Restauración y resiliencia ecosistemas → agenda pública → asegurar servicios ecosistémicos** (incl. reforestación, aforestación, agricultura C (*farming*))

Invent. emisiones GEI nacional y departamental

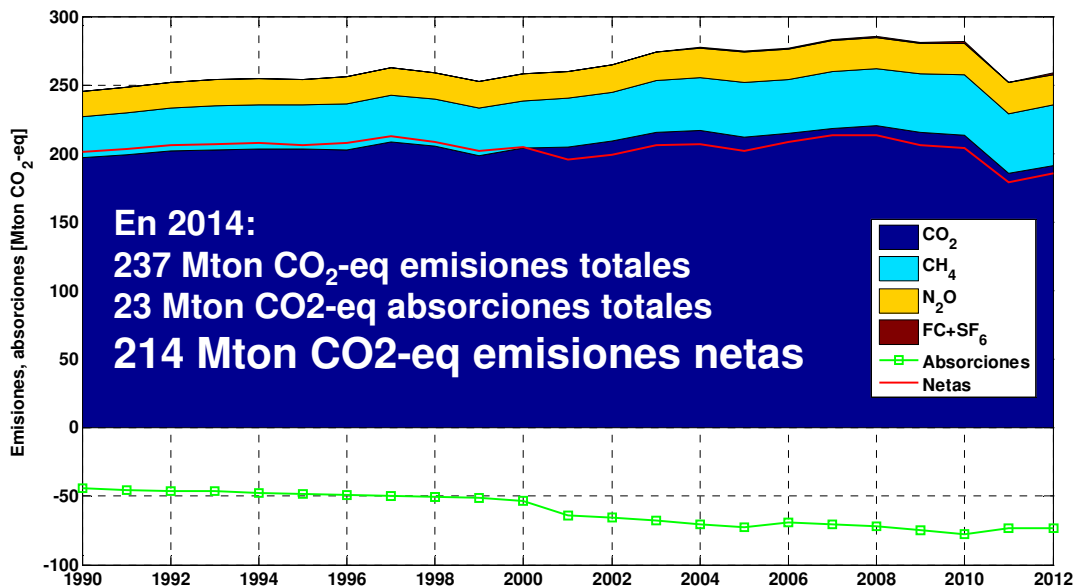
- Acuerdo Paris (AP, 2016) → **Colombia adquirió compromiso reducir emisiones GEI en 20%** (con respecto línea base *business as usual* proyectada 2010 → 2030)
- **Línea base negociación AP estimada a partir inventario de emisiones GEI (INGEI) ← desarrollado para 1er BUR y TCNCC** → base análisis aquí presentado



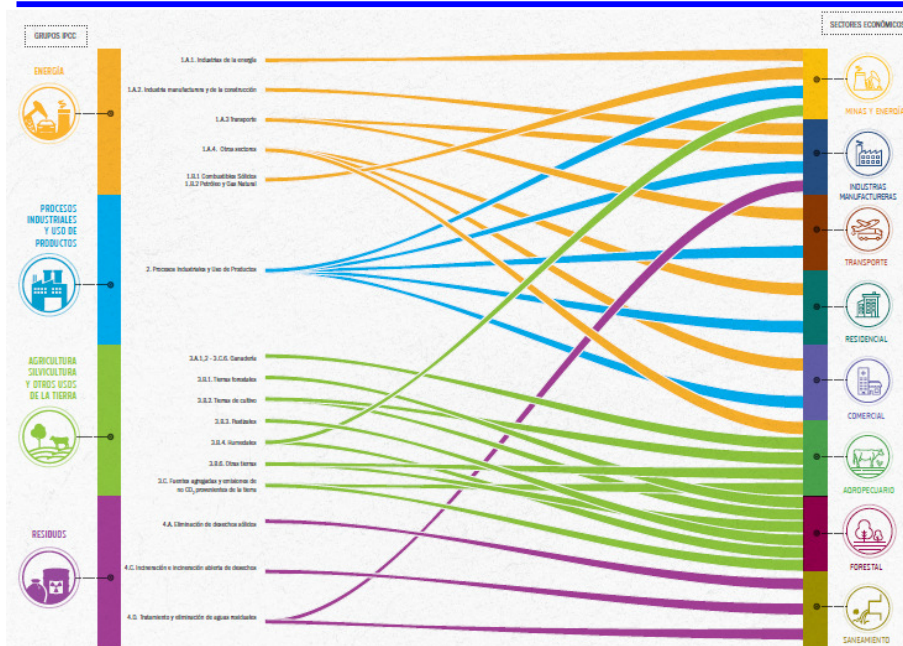
Invent. emisiones GEI nacional y departamental

- **Aspectos novedosos INGEI** → avance sustancial comprensión emisiones GEI:
 - **Metodologías IPCC más precisas posibles para contexto colombiano**; Casi todas *bottom-up*; Muchos Nivel 1 → 2 → uso y estimación FE propios
 - Desagregación temporal: **cálculo serie anual 1990-2012**
 - **Desagregación en 8 sectores económicos** ← tipos fuentes/sumideros IPCC
 - Desagregación espacial: **inventarios ~bottom-up para 33 departamentos**
 - **Evaluación detallada incertidumbre** ← simulación Montecarlo

Serie temporal 1990-2012

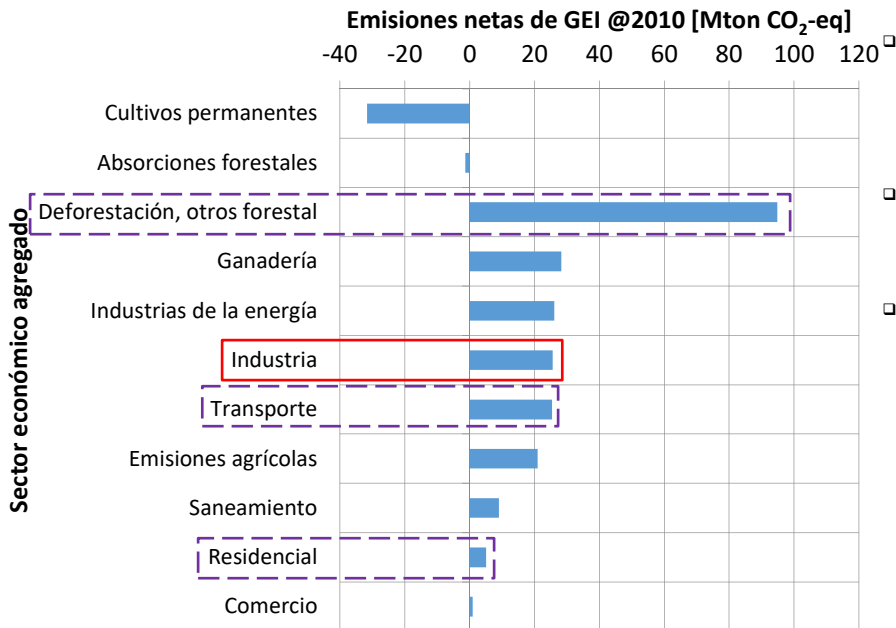


Desagregación sectorial

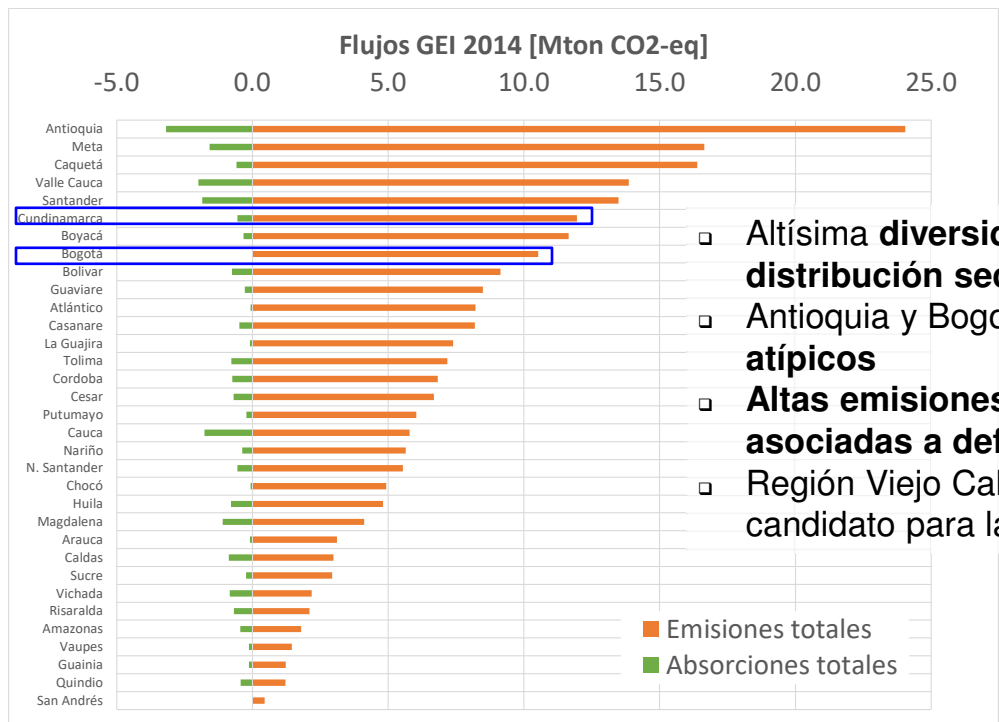


4 módulos IPCC altamente desagregados → 8 sectores económicos altamente desagregados (53 subcategorías) → reagregado a 11 sectores

Distribución sectorial en 2010

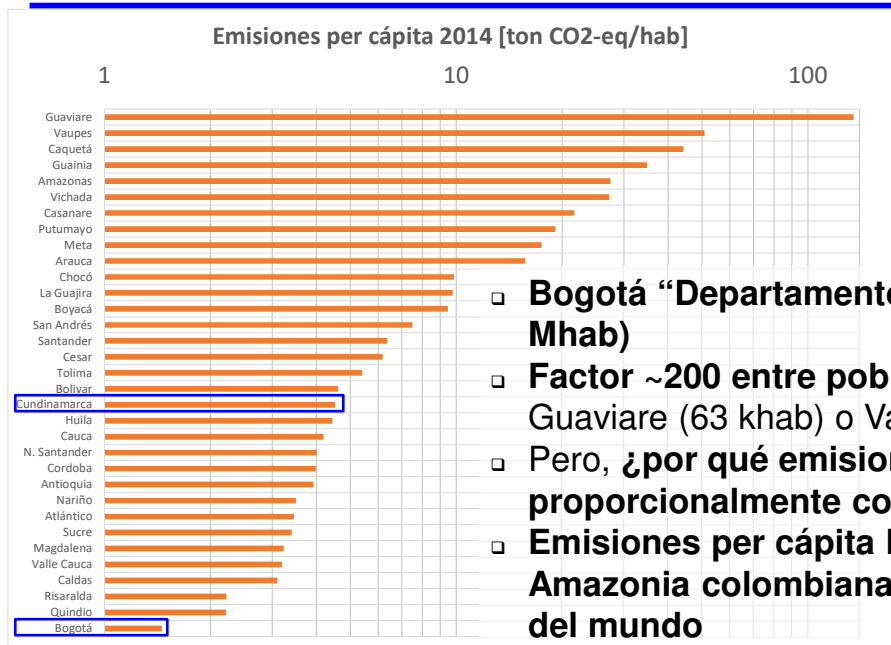


- Deforestación responsable ~1/3 emisiones GEI en Colombia →
- ¿USO / ORIGEN DE LA MADERA USADA EN CONSTRUCCIÓN?
- Pareto (~80%) lo completan ganadería, producción combustibles, emisiones industriales (incl. producción cemento), transporte, agricultura



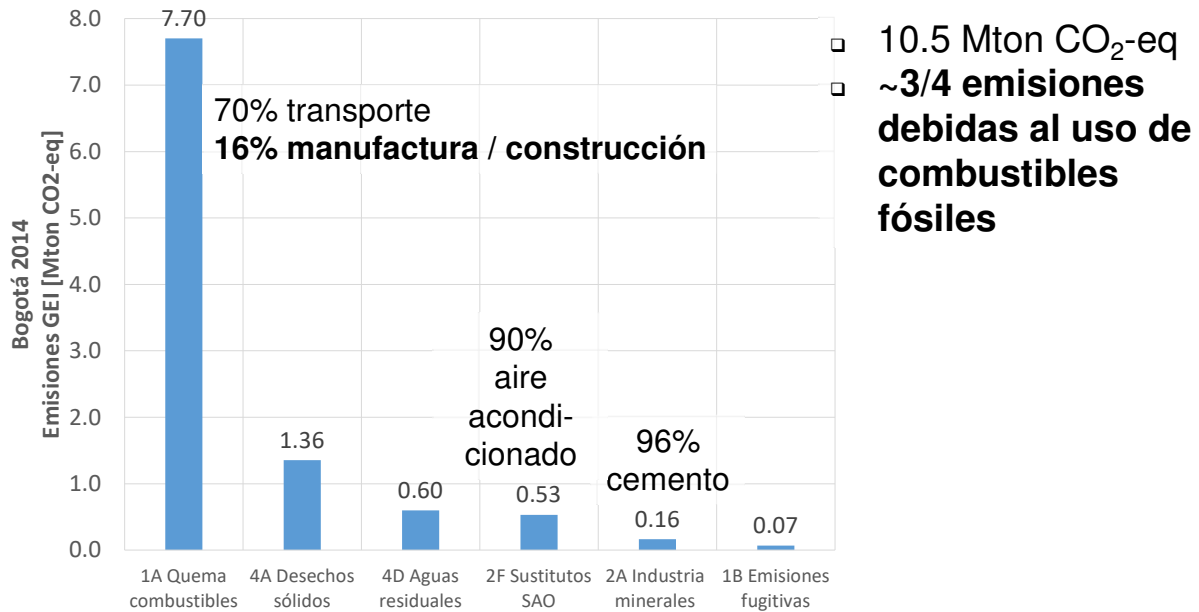
- Altísima **diversidad magnitud y distribución sectorial**
- Antioquia y Bogotá **casos atípicos**
- **Altas emisiones generalmente asociadas a deforestación**
- Región Viejo Caldas buen candidato para la C neutralidad

Emisiones per cápita 2014

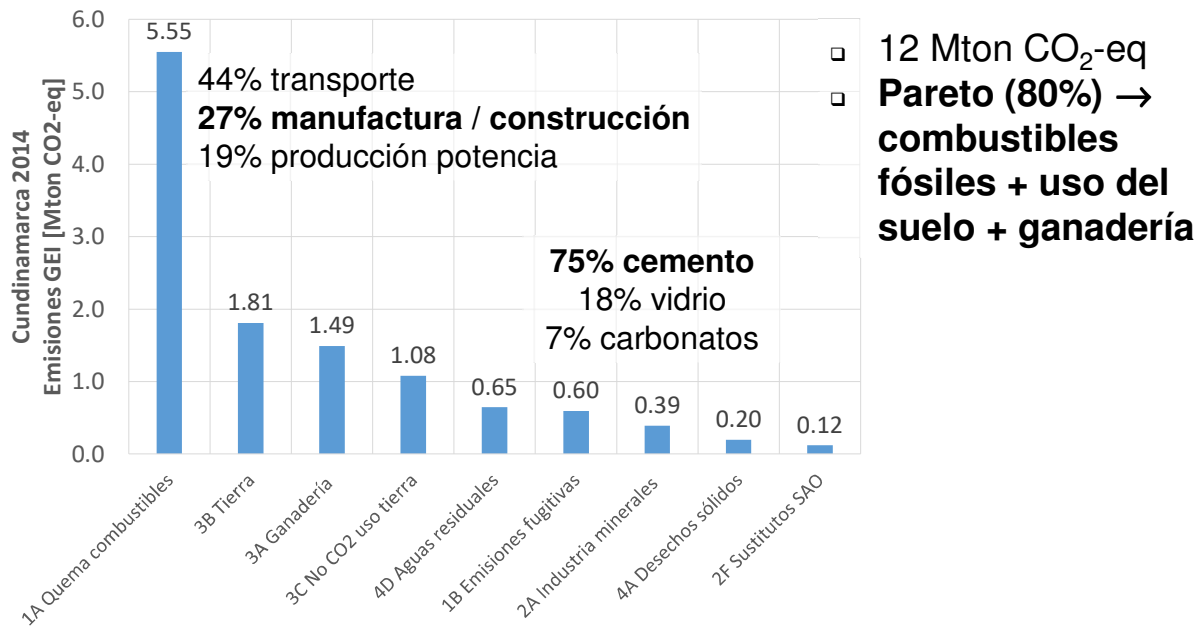


- Bogotá “Departamento” más poblado (7.2 Mhab)
- **Factor ~200 entre población Bogotá y Guaviare (63 khab) o Vaupés (28 khab)**
- Pero, ¿por qué emisiones no crecen proporcionalmente con población?
- **Emisiones per cápita Departamentos Amazonia colombiana entre las más altas del mundo**

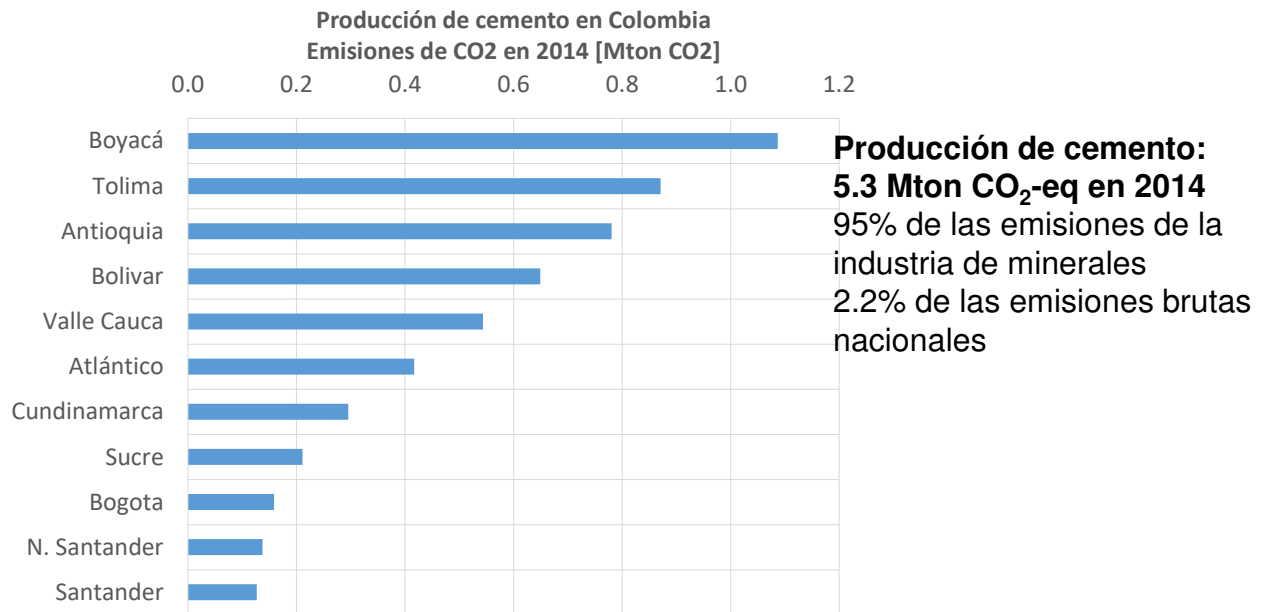
Emisiones de GEI en Bogotá (2014)



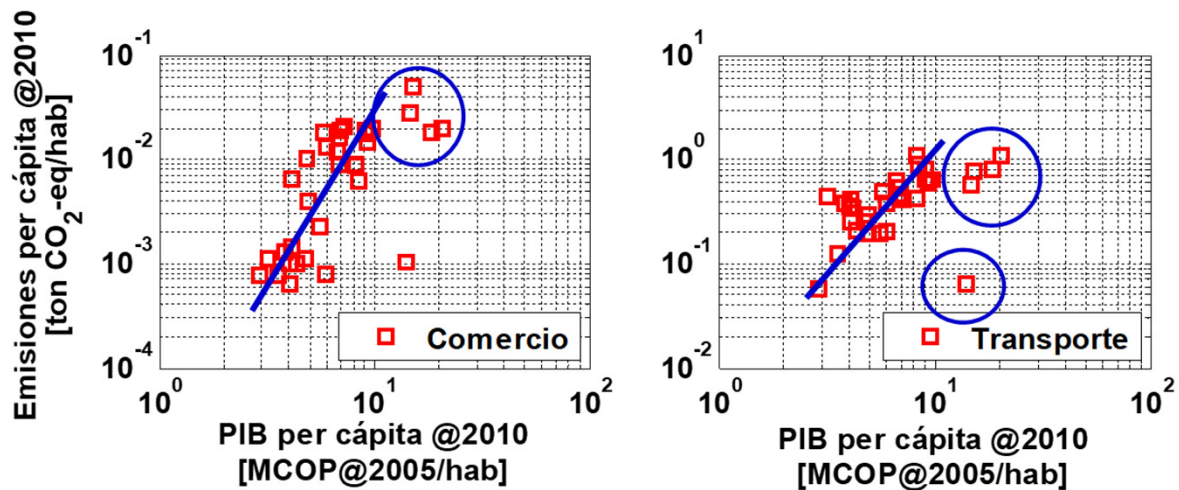
Emisiones de GEI en Cundinamarca (2014)



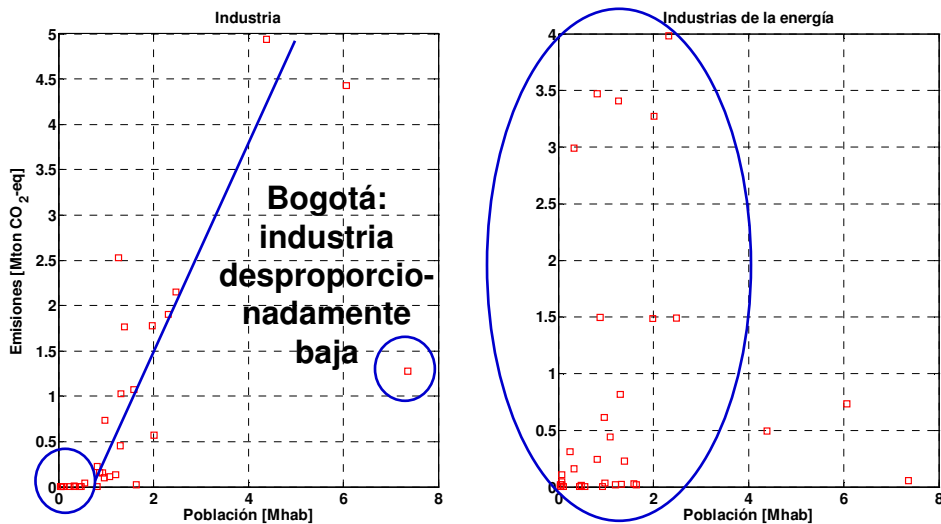
Emisiones debidas a la producción de cemento



Per cápita: emisiones en función del PIB

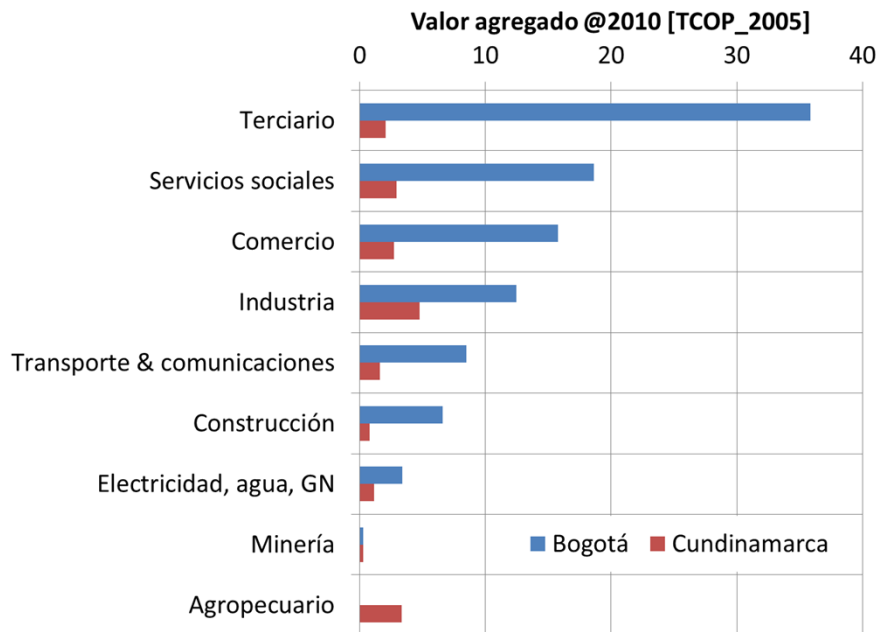


Industria, combustibles y potencia

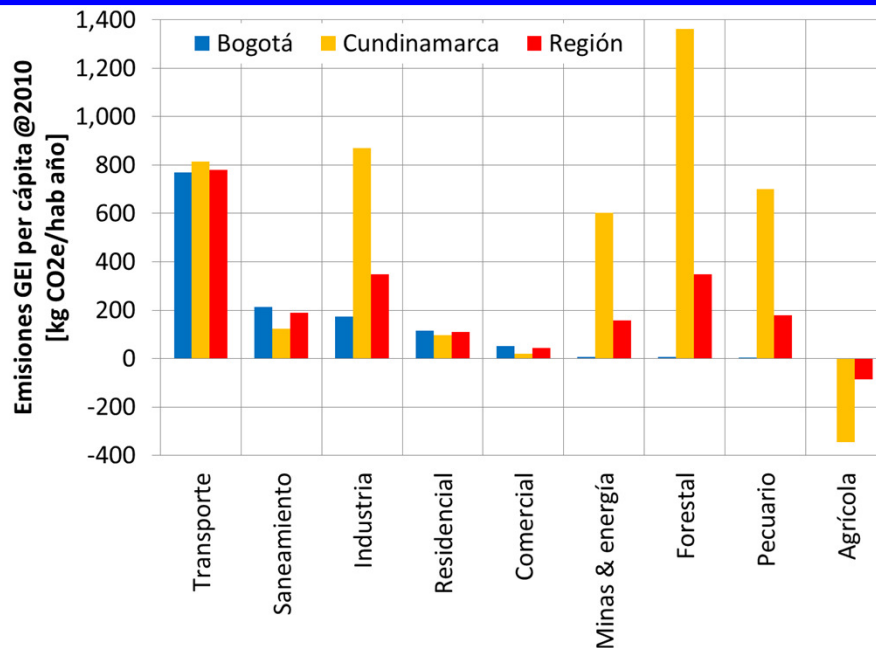


No hay emisiones industriales en departamentos de baja población pero gruesas emisiones de industrias de energía ocurren en esos departamentos

Sector terciario → bajas emisiones per cápita



Entendiendo la disparidad



Conclusiones

- Servicios ecosistémicos empiezan a colapsar →
- **Decarbonización de la economía es urgente (tenemos menos de una década para alcanzar pico)**
- Este análisis preliminar sugiere existencia **desconexión sustancial entre regiones y sus actividades productivas** → “segregación” asociada a “desarrollo” → con excepción de industria, las otras correlaciones con población son parabólicas
- Emisiones proporcionales a población solo para 4 de los 11 sectores. En 3 de estos 4 sectores las emisiones crecen también con el PIB
- Bogotá y Antioquia tienen perfiles de emisión atípicos
- Cundinamarca-Bogotá concentra 22% población del país, y aunque produce 31% PIB, solamente genera 10% emisiones GEI → **mayor eficiencia aparente se debe principalmente a concentración sector terciario (baja emisión) en Bogotá**

Conclusiones

- Enorme **disparidad entre emisiones *per cápita* Cundinamarca (4.5 ton CO₂-eq/hab), cercanas al promedio nacional, y Bogotá (1.5 ton CO₂-eq/hab)**, sorprendentemente la más bajas en Colombia
- **Hay evidencia sustancial de deslocalización industrial de Bogotá → Cundinamarca**
- El ajuste simple realizado sugiere que las **emisiones *per cápita* de Bogotá estarían subestimadas en un ~32%** y las de **Cundinamarca sobrestimadas en un ~30%**
- No se deben esperar un oligopolio de reducciones sino **reducciones significativas en tantas fuentes como sea posible**

