



La institucionalización del cambio climático en Colombia: límites de los modelos climáticos y las reparaciones internacionales

Juan Camilo Perdomo Marín

Investigador independiente (Colombia)

Recibido: 8 de mayo de 2024 | Aceptado: 11 de octubre de 2024

Como citar:

Perdomo, J. (2025). La institucionalización del cambio climático en Colombia: límites de los modelos climáticos y las reparaciones internacionales. *Naturaleza y Sociedad. Desafíos Medioambientales*, 11, <https://doi.org/10.53010/nys11.04>

Resumen. Este artículo evalúa cómo las instituciones en Colombia abordan la crisis climática. A partir del análisis documental, notas de campo y revisión teórica, se examina la validez de datos oficiales sobre el cambio climático, las interpretaciones y las expectativas asociados a estos, y las implicaciones de su implementación en acciones políticas. Este estudio encuentra que el uso de modelos climáticos y las iniciativas de reparación internacional están pasando por alto diversas incertidumbres científicas. Hay un empleo acrítico de datos institucionales como proyecciones climáticas erróneas en la toma de decisiones de adaptación climática, y se están ignorando los obstáculos de cuantificar económicamente la deuda ambiental de los países del norte global. Estas falencias son producto de estructuras burocráticas que limitan el rango de comprensión ante la crisis climática y de falta de pensamiento crítico frente a las medidas planteadas. Debido a la necesidad de proponer estrategias metodológicas innovadoras para evaluar las iniciativas climáticas actuales, esta investigación resalta la productividad intelectual de combinar el análisis de las incertidumbres en la ciencia climática con la crítica a la burocracia institucional.

Palabras clave: cambio climático, modelos climáticos, gases de efecto invernadero, reparaciones climáticas, Colombia.

The institutionalization of climate change in Colombia: the limits of climate models and international reparations

Abstract. This article evaluates how institutions in Colombia address the climate crisis. Based on documentary analysis, field notes, and theoretical review, it examines the validity of official climate change data, the interpretations and expectations associated with them, and the implications of their implementation for policy actions. This study finds that the use of climate models and international remediation initiatives overlooks several scientific uncertainties. There is an uncritical use of institutional data, such as erroneous climate projections in climate adaptation decision-making, and the obstacles to economically quantifying the environmental debt of the countries of the Global North are ignored. These shortcomings result from bureaucratic structures that limit the range of understanding of the climate crisis and a lack of critical thinking in the face of the measures proposed. Given the need to suggest innovative methodological strategies to evaluate the current climate initiatives, this research highlights the intellectual productivity of combining the analysis of uncertainties in climate science with a critique of institutional bureaucracy.

Keywords: climate change, climate models, greenhouse gases, climate reparations, Colombia.

A institucionalização da mudança climática na Colômbia: limites dos modelos climáticos e reparações internacionais

Resumo. Neste artigo, examina-se como as instituições da Colômbia lidam com a crise climática. Com base em análise documental, notas de campo e revisão teórica, o estudo investiga a validade dos dados oficiais sobre mudanças climáticas, as interpretações e expectativas associadas a esses dados, e as implicações dessa implementação para as políticas públicas. O estudo revela que o uso de modelos climáticos e as iniciativas internacionais de reparação estão

negligenciando diversas incertezas científicas. Há um uso pouco crítico de dados institucionais, como projeções climáticas errôneas, na tomada de decisões sobre adaptação climática, e os obstáculos para quantificar economicamente a dívida ambiental dos países do Norte global são frequentemente ignorados. Essas deficiências resultam de estruturas burocráticas que limitam a compreensão da crise climática e da falta de pensamento crítico sobre as medidas propostas. Considerando a necessidade de desenvolver estratégias metodológicas inovadoras para avaliar as atuais iniciativas climáticas, esta pesquisa destaca a importância de combinar a análise das incertezas da ciência climática com uma crítica à burocracia institucional.

Palavras-chave: mudança climática, modelos climáticos, gases de efeito estufa, reparações climáticas, Colômbia.

Introducción

Una gota rueda sobre el hielo y cuelga sobre el vacío
Por su propio peso acaba por caer dentro del río
El tiempo que todo lo cura, también todo lo derrite
Y vuelve de nuevo el hielo como un pulso que se repite
Y cuando el momento llegue honremos nuestras heridas
Celebremos la belleza que se aleja hacia otras vidas
Y aunque la pena nos hiera que no nos desampare
Y que encontremos la manera de despedir a los glaciares
Despedir a los glaciares – Canción de Jorge Drexler

El punto de partida de esta investigación es una anécdota a mediados de 2023. El coordinador de un grupo de investigación ambiental de una universidad prestigiosa del país me solicitó que revisara un documento que habían elaborado sobre cambio climático en el marco de la actualización de un Plan de Ordenamiento Territorial (POT). Al leer el texto encontré que presentaba las cifras de precipitaciones futuras y aumento en la temperatura regional como certeras. Los datos de este informe se basaban en la Tercera Comunicación Nacional del Cambio Climático de Colombia (2017) (TCNCC). Este documento, elaborado por el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), es una herramienta de los países miembros de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) bajo la cual se reportan emisiones nacionales de gases de efecto invernadero (GEI), el cumplimiento de compromisos internacionales e iniciativas institucionales, y proyecciones de los impactos del cambio climático.

Al terminar de leer este reporte encontré que una cadena de malentendidos sostenía sus principales afirmaciones. Científicos del IDEAM ocultaron las incertidumbres en las proyecciones climáticas nacionales a investigadores, y estos académicos a su

vez, omitieron la incertidumbre regional a empleados de gobernaciones y alcaldías. Los servidores públicos, debido a sus afanes e intereses políticos, han tomado decisiones en sentido acrítico plasmados en documentos institucionales, que consideran concluyentes. Finalmente, las cifras provisionales de estos reportes son presentadas por funcionarios a la opinión pública como si fuesen definitivas.

Los estudios sobre el cambio climático en Colombia tienden a enfocarse en la medición y la mitigación de emisiones de GEI. A razón de la anécdota anterior, esta investigación toma un camino diferente al evaluar cómo las instituciones abordan el cambio climático. Esto es importante porque la toma de decisiones actual tendrá profundas consecuencias financieras, ecológicas y de salud pública en el futuro, por lo que se deben revisar las bases científicas y políticas de las acciones climáticas. La falta de comprensión sobre los límites del conocimiento científico frente el cambio climático puede conducir a decisiones institucionales equivocadas que hacen a las poblaciones locales en Colombia más vulnerables ante sus impactos.

A partir del análisis documental, notas de campo y revisión teórica, esta investigación explora dos preguntas principales: ¿cuáles son los aportes y las limitaciones de los modelos climáticos globales en la adaptación climática regional en Colombia? ¿Cuál es el nivel de confianza científica en el proceso de cuantificar las emisiones individuales de GEI y vincularlas con los daños y pérdidas del cambio climático? Para abordar estos interrogantes se examina la validez de datos oficiales sobre la crisis climática, las interpretaciones y las expectativas asociados a estos, y las implicaciones de su implementación en acciones políticas.

Este estudio encuentra que, el uso de modelos climáticos y las iniciativas de reparación internacional están pasando por alto diversas incertidumbres científicas. Hay un empleo acrítico de datos institucionales como proyecciones climáticas erróneas en la toma de decisiones de adaptación climática, y se están ignorando los obstáculos de cuantificar económicamente la deuda ambiental de los países del norte global. Estas falencias son producto de estructuras burocráticas que limitan el rango de comprensión ante la crisis climática, y de la falta de pensamiento crítico frente a las medidas planteadas. En tanto que es necesario proponer estrategias metodológicas innovadoras para evaluar las iniciativas climáticas actuales, esta investigación resalta la productividad intelectual de combinar el análisis de las incertidumbres en la ciencia climática con la crítica a la burocracia institucional.

Institucionalización del cambio climático

A mediados de 2023 asistí a un conversatorio sobre cambio climático organizado por delegados de una gobernación y representantes de Naciones Unidas. En este evento se

presentaron los logros del gobierno saliente, como el diseño y la construcción de una obra vial, parte del desarrollo regional. Este tipo de casos en los que se vinculan de manera forzada temas ambientales con agendas políticas no son aislados en el mundo. La institucionalización del cambio climático se refiere a cómo las instituciones tienden a interpretar este fenómeno dentro del rango de acción permitido y restringido por sus mandatos. Esta percepción filtrada es problemática porque el mundo contemporáneo tiende cada vez más a la naturalización y la multiplicación de procesos burocráticos arbitrarios que, en lugar de volver más operativas las instituciones, generan mayor burocracia y reducen el pensamiento crítico de sus funcionarios (Graeber, 2015).

Por ejemplo, diversos gobiernos del mundo consideran el gas natural y el hidrógeno azul como combustibles de transición hacia energías renovables, aunque se ha subestimado su impacto como GEI, lo que ralentiza la transición energética (Kemfert *et al.*, 2022). Lo mismo sucede con las pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH), cuando se representan en las normativas estatales como fuentes de energía limpias en el marco de la descarbonización de la economía a pesar de sus amplios impactos socioambientales (Kelly-Richards *et al.*, 2017).

Las instituciones contextualizan el cambio climático a sus necesidades y urgencias políticas. El apoyo estatal a expandir infraestructuras de gas natural y PCH tiene sentido dentro de los cálculos energéticos y ambientales de ministerios, dado que solamente ven el cambio climático desde sus metas y rangos de acción predefinidos por normativas. Del mismo modo, las proyecciones de las agencias públicas sobre la amenaza del cambio climático al suministro de agua tienden a ser elaboradas por funcionarios, sin abordar las causas políticas, jurídicas y económicas de este problema pues no es parte del mandato institucional que deben seguir (Perdomo, 2024a).

En el caso colombiano, es posible encontrar diversos avances normativos que establecen herramientas, compromisos, y metas frente al cambio climático: la Ley 99 de 1993 que estructura el Sistema Nacional Ambiental; la adhesión del país a la CMNUCC en 1994; al Protocolo de Kyoto en 2000 y al Acuerdo de París en 2016; y la Ley 1931 de 2018 que establece directrices para la gestión del cambio climático, entre otros. Si bien, estos acuerdos nacionales e internacionales son logros históricos que impulsan y dirigen la respuesta del Estado colombiano ante la crisis climática, existe el peligro de centrar toda la planeación en normativas institucionales provocando una visión de túnel que impida abordar las crecientes complejidades de esta crisis global.

Las normativas institucionales son necesarias para que funcionarios no incumplan o se extralimiten en sus obligaciones legales. No obstante, el hecho de que exista un umbral limitado de percepción institucional sobre el cambio climático provoca una simplificación de su comprensión y toma de decisiones a la información autorizada, mientras ignoran o evitan debates científicos, políticos y morales. La inercia

institucional puede tomar determinaciones por los funcionarios, y la rigidez impide que se desarrollen estructuras organizativas dinámicas que respondan a realidades ambientales cambiantes.

La institucionalización del cambio climático se expresa en diferentes ámbitos como la falta de revisión de los modelos científicos en formulación de políticas. En el caso de Colombia, los investigadores que estaban actualizando un POT en 2023 no mencionaron en su reporte el amplio umbral de incertidumbre en los cambios de precipitación en las próximas décadas. En particular, las proyecciones de los modelos climáticos globales sobre lluvias no concuerdan. Esto es más incierto a nivel regional, ya que la compleja topografía de Colombia genera en pocos kilómetros una amplia diversidad de microclimas que dificulta hacer estimaciones sobre la futura hidroclimatología del país. Tabari (2020) resalta que, aunque en teoría el cambio climático intensifica el ciclo hidrológico, sus efectos en el planeta son altamente heterogéneos. Así las cosas, a medida que aumenta la temperatura del planeta, la atmósfera puede contener una mayor cantidad de vapor de agua reduciendo así la frecuencia de las precipitaciones, lo que conduce a sequías extremas. Sin embargo, las lluvias que llegan son mucho más fuertes y pueden causar inundaciones. Ahora bien, las transformaciones en las corrientes de circulación atmosférica y la disponibilidad local de agua pueden reducir o incrementar esta tendencia a nivel regional, de modo que los patrones de precipitación serán variables lo largo del mundo. Sumado a ello, existen mayores incertidumbres en Latinoamérica, debido a la falta de datos y a limitaciones que tienen los modelos globales para simular procesos climáticos de la región.

Por ejemplo, las evaluaciones de las simulaciones históricas de evapotranspiración y precipitación de modelos climáticos globales del Proyecto de Comparación de Modelos Acoplados – Fase 6 (CMIP6) para el norte de Suramérica, realizadas por Velásquez (2021), han encontrado que “presentan sesgos sistemáticos en relación con el conjunto de datos observados y de reanálisis para los mapas estacionales” (p. 41). La precipitación se subestima en la región norte de Suramérica y se sobreestima en los Andes y al este de Brasil. Estas discrepancias se deben en parte a las dificultades en los modelos de representar las nubes y la evapotranspiración.

Es problemático que el POT que actualizaban los investigadores se base acríticamente en la TCNCC. La comunidad científica del país se ha pronunciado en contra de este estudio del IDEAM porque unificó erróneamente diferentes escenarios climáticos planteados por el IPCC, los *Representative Concentration Pathways* (RCP), en un promedio estadístico aplicado a las proyecciones de Colombia. Según Arias *et al.* (2022) los diferentes escenarios de RCP consideran no solo factores climáticos, sino también políticos, tecnológicos, demográficos, entre otros. Cada uno posee una especificidad que no se puede comparar con las demás. De hecho, su diferencia sirve para identificar

el umbral de incertidumbre del sistema climático. Al establecer un promedio entre diferentes escenarios se cae en la falacia del punto medio, lo cual es un error conceptual y metodológico porque “confunde las señales de cada una y distorsiona el posible impacto que realmente puede tener el cambio climático sobre un territorio” (Arias *et al.*, 2022, p. 785). Arias *et al.* (2022) resaltan con preocupación la existencia de discrepancias entre los resultados de los diferentes informes de la Comunicación Nacional de Cambio Climático y la omisión del concepto de incertidumbre en el estudio de las proyecciones climáticas del país.

Por otro lado, existen contradicciones en las proyecciones de precipitación en la segunda y la TCNCC. Tal es así que en la segunda se proyectan reducciones en la región Andina mayores al 10 % (periodo 2011-2040) y en la tercera aumentos de hasta 40 % (periodos 2011-2040, 2041-2070, 2071-2100) (Arias *et al.*, 2022). No reconocer los diferentes rangos de confianza e incertidumbre en los cambios de precipitación en las próximas décadas es problemático porque hace que tomadores de decisiones se equivoquen al momento de desarrollar estrategias de adaptación climática. En particular, la gestión a mediano y largo plazo de embalses para la distribución de agua y la producción de energía ante la amenaza de sequías extremas, y la preparación de los sistemas de drenaje de las ciudades ante lluvias torrenciales. En suma, el uso acrítico de la TCNCC puede conducir a la maladaptación climática. Este término se refiere a los efectos contraproducentes de los proyectos de adaptación climática como aumentar a futuro la vulnerabilidad local (Schipper, 2020, 2022).

En contraste con el IDEAM, existen estudios de instituciones privadas que si elaboran modelos considerando diferentes escenarios climáticos y abordando la incertidumbre científica. Proyecciones realizadas por INGENIAR, una consultoría sobre riesgos en Colombia, muestran que entre 2070-2099 la temperatura nacional puede variar entre 0 y 6 °C y la precipitación entre -35 % y +22 % (Cardona *et al.*, 2020). Debido a este amplio umbral de resultados, es esencial considerar múltiples escenarios climáticos en el país al momento de evaluar medidas de adaptación. Investigaciones recientes prevén una mayor disminución a futuro en la magnitud en la oferta hídrica en Vichada que la presentada por la TCNCC (Castillo y Ospina, 2023).

Si bien el IDEAM está adscrito al Ministerio de Ambiente, este último usa las proyecciones de INGENIAR en la Estrategia Climática de Largo Plazo de Colombia E2050 (Gobierno de Colombia, 2021). Es llamativo que funcionarios públicos de gobernaciones, integrantes de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres y académicos de institutos ambientales tienden a no estar familiarizados con las críticas de la comunidad científica a la TCNCC. De hecho, la TCNCC sigue siendo la base de investigaciones de pregrado y posgrado, el análisis de riesgo y vulnerabilidad por cambio climático, políticas públicas, páginas web de alcaldías y gobernaciones,

POT, Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PIGCCT), Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Territorial, Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA), modelamientos de propagación de enfermedades transmitidas por vectores, entre otros.

El IDEAM no ha presentado una respuesta oficial a las críticas señaladas por la comunidad científica, pero sus funcionarios reconocen que no volverán a usar el ensamble multiescenario, y en charlas públicas enfatizan que sus proyecciones “no son pronósticos” ni “verdades absolutas”. Recientemente, en la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático (IDEAM, 2024) se corrige el error metodológico de la Tercera Comunicación al realizar protecciones considerando cuatro escenarios climáticos posibles, lo cual permite hacer afirmaciones condicionales con mayor rigurosidad, aunque el tema de la incertidumbre se sigue desatendiendo. Aunque existe una mayor guía estatal en la vinculación del cambio climático en la planificación territorial en documentos como “Consideraciones de cambio climático para el ordenamiento territorial” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023), el uso de TCNCC continúa en las instituciones públicas y no se enfatiza la importancia de considerar la incertidumbre científica en la toma de decisiones.

Ante las falencias del IDEAM vale destacar, por un lado, problemas de organización interna que en años pasados ha impactado negativamente la calidad de sus informes y su articulación con el gobierno nacional (*La Silla Vacía*, 2022). Por otro lado, la baja financiación que recibe el IDEAM por parte del Estado colombiano afecta la contratación de personal capacitado, el mantenimiento de estaciones meteorológicas junto con la investigación y el monitoreo nacional (Quesada y Avila-Díaz, 2023).

Lo que sucede en Colombia no es algo aislado, la ciencia climática en Latinoamérica posee serios problemas debido a la falta de información sobre variables climáticas por falta de equipos y financiación. Según Cavazos *et al.* (2024) los datos son especialmente insuficientes en áreas menos densamente pobladas de los Andes, Orinoco, Amazonía y Centroamérica. Aunque existe información de ciudades altamente pobladas, no está disponible para la comunidad científica, su calidad no es revisada o no adopta estándares internacionales. Si bien, hay avances e iniciativas científicas regionales e internacionales, las limitaciones presupuestales afectan su desarrollo a largo plazo. Además, son escasos los datos socioeconómicos nacionales y subnacionales, esenciales para entender la vulnerabilidad local y diseñar estrategias de adaptación climática. Los censos nacionales no están diseñados para atender este tipo de variables complejas. Sumado a lo anterior, las barreras lingüísticas generan una falta de integración del conocimiento latinoamericano con el resto del mundo. Los informes climáticos de los países, al estar escritos en su idioma nacional, no siempre son tomados en cuenta por reportes globales del IPCC.

Ahora bien, regresando a la TCNCC de Colombia, el sesgo de autoridad y la urgencia del cierre político son dos factores que explican su uso acrítico y persistencia en documentos oficiales. El sesgo de autoridad es un problema común al momento de abordar el cambio climático. Periodistas, instituciones públicas, universidades, agencias internacionales, investigadores, bancos y organizaciones humanitarias prestigiosas comúnmente popularizan investigaciones sin revisar su validez dentro de comunidades científicas. Stirling (2023) advierte que, cuando se utilizan estudios científicos para tomar decisiones políticas existe el peligro de que:

El exceso de confianza se confunde a menudo con la experticia. La cuantificación se confunde con el rigor. La autoridad dogmática se toma por racionalidad. La precisión exagerada se confunde con la verdad. La ciencia se idealiza como algo libre de política o valores (p. 111).

Naciones Unidas, el Foro Mundial, BBC *The Guardian* y *Financial Times*, han llegado a presentar acríticamente estudios que establecen una correlación lineal entre aumento de la temperatura global e impactos como crimen, guerra, crisis económicas y políticas, muertes y enfermedades. Dentro de la comunidad científica muchas de estas investigaciones son consideradas como especulaciones y estimaciones inciertas, ya que la relación entre clima y sociedad es multicausal (Hulme, 2011, 2023; Saltelli, 2019; Stark, 2022). A pesar de su popularidad en los medios de comunicación, las proyecciones de migraciones generadas por el cambio climático tienen una evidencia científica débil y serios problemas metodológicos (Boas *et al.*, 2019; Durand-Delacre *et al.*, 2021). En el caso de Colombia, hay investigaciones recientes que consideran de forma reduccionista el aumento de la temperatura como factor predictivo principal de los fallecimientos, ignorando así diversos aspectos epidemiológicos que afectan la mortalidad y la morbilidad humana, y elementos políticos que influyen la resiliencia social (Helo, 2023).

El segundo factor es el cierre político. Comúnmente, representantes de instituciones esperan obtener de científicos respuestas sencillas, definitivas y a corto plazo ante problemas abiertos, multidimensionales y de larga duración (Mehta, Nicolai y Srivastava, 2022). Existe una presión burocrática para que investigadores simplifiquen en sus reportes la complejidad del mundo e ignoren los límites de su conocimiento para mostrar confianza en sus diagnósticos. Stirling (2019) afirma que, de este modo, se busca ocultar la incertidumbre y la ignorancia con el fin de comunicar resultados en términos de precisión y confianza. Los investigadores crean respuestas prácticas a problemas complejos escudados en la idea de que lo hacen por el bien público, aunque estas estrategias pragmáticas pueden favorecer interpretaciones y perspectivas particulares. Los reportes finales crean justificaciones para las decisiones políticas y generan la ilusión de control del ambiente, y de esta manera justifican la autoridad política de las instituciones. Pese a que cierto grado de simplificación de la realidad es

necesario para evitar parálisis y concretar acciones, es problemático cuando se ignora su complejidad original.

Cabe señalar que los científicos evitan hablar de incertidumbre científica porque temen ser malentendidos por la opinión pública. La prensa y los tomadores de decisiones normalmente no son abiertos a reflexionar sobre este tema, y no siempre están capacitados en ciencia climática. Este parece ser un problema generalizado ya que, como lo advertía Pilkey (2007) desde hace varios años, “quienes se basan en los modelos para tomar decisiones políticas rara vez comprenden las limitaciones de los modelos, y mucho menos están preparados para comunicar dicha información al público” (p. 14).

Uso y abuso de los modelos climáticos

Los modelos climáticos son una herramienta científica esencial para entender el cambio climático y explorar posibles escenarios de acción. Ahora bien, aunque el IDEAM corrija los problemas de la TCNCC y use los diferentes escenarios climáticos por el IPCC, esto no es suficiente para preparar al país ante el cambio climático debido a las limitaciones de los modelos globales para integrar factores sociales contextuales, y por obstáculos inherentes a su funcionamiento (para identificar sus principios y alcances véase Perdomo (2024b)). Por un lado, el impacto biofísico del cambio climático en poblaciones y ecosistemas no es directo, sino que esta mediado por factores sociales locales que no siempre son considerados en los modelos (Mehta, Nicolai y Srivastava, 2022).

Por otro lado, a grandes rasgos, existen tres grandes dificultades en el uso de los modelos climáticos globales que hacen difícil traducir sus resultados en políticas locales. Primero, debido a limitaciones actuales relacionadas con la capacidad de cómputo, las celdas espaciales de los modelos globales son demasiado extensas y sus proyecciones no permiten hacer inferencias locales. No es posible conocer con certeza los cambios futuros de temperatura y precipitación en una ciudad. Los modelos globales usados por el IPCC ofrecen solamente promedios a grandes escalas espaciales y en diferentes escenarios climáticos. Para elaborar proyecciones locales, se utilizan modelos regionales que ensamblan datos locales disponibles a la mano, pero estas técnicas no cuentan con un estándar en la comunidad científica y multiplican la incertidumbre de los resultados (Edwards, 2017; Guillemot, 2023; Mehta *et al.* 2022). Además, mejorar su capacidad de resolución espacial no ha mejorado su desempeño general (Avila-Diaz *et al.*, 2023; Dessai, Hulme, Lempert y Pielke, 2009; Schmidt, 2022).

Segundo, las comunidades de modeladores y usuarios no están de acuerdo sobre el estatus científico de estos modelos con relación a su realismo y su validez para tomar decisiones políticas (Haikola, Hansson y Fridahl, 2019; Millstone, 2015; Stainforth, 2023). Persisten discusiones sobre los usos correctos de los diferentes escenarios climáticos del IPCC

(Hausfather y Peters, 2020; Hulme, 2023; Pielke, 2018) y problemas de comunicación en la comunidad científica (Hausfather *et al.*, 2022). Sumado a ello, políticos y activistas pueden malinterpretar las proyecciones climáticas al tomarlas como representaciones objetivas y caminos normativos que deben seguir los gobiernos del mundo, pues no siempre son conscientes de que el desempeño de los modelos climáticos es condicional a preguntas, premisas e información disponible (Cointe, 2023; Dyke, Knorr y Watson, 2021; Haikola *et al.*, 2019; Heymann, 2013; Pilkey 2007; Saltelli *et al.*, 2015; Stark, 2022).

Tercero, existen múltiples incertidumbres en las proyecciones de los modelos debido a que el clima es un sistema abierto y posee un comportamiento no lineal. Además, simular correctamente el pasado no implica que las proyecciones futuras van a ser acertadas. A su vez, a los modelos les cuesta simular eventos meteorológicos extremos y aspectos centrales del sistema climático como los *feedbacks* y el ciclo del carbono (Ditlevsen, 2013; Lam y Majszak, 2022; Ripple *et al.*, 2023; Slingo *et al.*, 2022). De hecho, mejorar los parámetros y los datos de los modelos puede aumentar su umbral de incertidumbre (Hulme, 2023; Saltelli *et al.*, 2015; Saltelli, *et al.*, 2020).

Por todo lo anterior, se ha advertido que centrar la toma de decisiones en modelos climáticos genera soluciones tecnocráticas, omite discusiones políticas y morales, y reduce la capacidad de considerar diferentes perspectivas al momento de diseñar estrategias de adaptación (como el conocimiento indígena y las ciencias sociales) (De Pryck y Hulme, 2023; Dessai *et al.*, 2009; Dyke, Knorr y Watson, 2021; Hausfather y Peters, 2020; Hulme, 2023; Mehta *et al.*, 2022; Pielke, 2018, Pilkey, 2007; Stark *et al.*, 2015; Stainforth, 2023; Stirling, 2023).

Debido a la institucionalización del cambio climático, los gobiernos nacionales, departamentales y locales esperan la autoridad y la guía de los modelos climáticos para ejecutar acciones. Esto es problemático porque la ciencia climática no ofrece respuestas definitivas. Solamente es posible acceder a un conocimiento parcial y provisional del futuro, razón por la cual la toma de decisiones se realiza dentro de escenarios de incertidumbre profunda. Si los funcionarios de las instituciones tienen un exceso de confianza en las proyecciones climáticas, terminan diseñando respuestas equivocadas desde sus escritorios. Por el contrario, si reconocen los aciertos y limitaciones de los modelos ello los obliga a crear una gobernanza ambiental más colaborativa, especialmente porque cada decisión de mitigación y adaptación trae tanto beneficios como impactos negativos.

Es necesario cruzar diferentes fuentes de información para desarrollar planes de mitigación y adaptación, porque los modelos globales son insuficientes para prever los impactos locales del cambio climático y el conocimiento local puede ser llegar a ser inexacto. Por ejemplo, aunque la gente describa que hay un aumento en lluvias, no siempre corresponde a cambios en el registro histórico, o existe una amnesia

generacional no reconocida sobre condiciones ambientales del pasado, lo que se denomina como “síndrome de la línea de base cambiante”.

Por lo tanto, es esencial diversificar fuentes de información y avanzar en un mayor trabajo colaborativo al colocar sobre la misma mesa los modelos climáticos junto con la experticia local y el conocimiento tradicional. Las comunidades locales, no solo las instituciones, deben identificar colectivamente su saber ambiental, metas, vulnerabilidad, tolerancia al riesgo, resiliencia social y capacidades a la mano. Enfoques *top-down* y *bottom-up* son complementarios, dado que al articular datos heterogéneos se amplía el rango de comprensión y acción ante el cambio climático (Conway *et al.*, 2019; Mehta *et al.* 2022; Pielke, 2018; Solli y Ryghaug, 2014).

Es importante incentivar el desarrollo de formas comunitarias de gobernanza ambiental, porque el aumento en el promedio de la temperatura global no genera un impacto lineal y homogéneo en el mundo. En el caso de Colombia, el ritmo en el derretimiento de los glaciares está influenciado, no solo por la temperatura, sino también por las emisiones de ceniza volcánica, El Niño-Oscilación del Sur, y cambios en precipitación de nieve y granizo que afectan la recarga de los glaciares (IDEAM, 2020). El blanqueamiento de corales en la región continental no solo es consecuencia del estrés térmico, sino también del aumento de las descargas de agua dulce de los ríos en temporadas de lluvia (Romero-Rodríguez, Bernal y Zea, 2014). Un mayor conocimiento regional y planeación comunitaria es la base para tomar decisiones informadas ante la variabilidad natural y el cambio climático. Por estos motivos, los datos climáticos globales siempre necesitan contextualizarse y complementarse con el monitoreo y la experticia local.

Reparaciones climáticas

Para mitigar los efectos del cambio climático, los países del mundo se han adherido en las últimas décadas a compromisos internacionales de reducir emisiones de GEI, como el Acuerdo de París de 2015. Estos esfuerzos globales han sido insuficientes, pues la carrera de las grandes potencias mundiales para proteger y garantizar su crecimiento económico a partir de la quema de combustibles fósiles continúa. En contraste con los logros en regulaciones ambientales nacionales, estas pueden hacer que industrias o parte de su cadena de producción se desplacen a países con normativas más laxas. Además, estas regulaciones pueden generar un efecto contrario, inclusive. Debido a que impulsan a una reducción futura en el consumo de combustibles fósiles, los dueños de dichos recursos se anticipan a estas medidas al aumentar las extracciones en el presente, lo que puede reducir su precio e incrementar la demanda. Sinn (2015) denomina este fenómeno como la gran paradoja verde. Por todo lo anterior, tener datos confiables de emisiones mundiales de GEI es esencial para monitorear el

cumplimiento de objetivos internacionales, evaluar la efectividad de las regulaciones y establecer nuevas metas.

Actualmente, estas cifras se están convirtiendo en una herramienta para responsabilizar políticamente a los países más contaminantes con el fin de que financien los planes de mitigación y adaptación al cambio climático de los países más pobres que emiten las menores cantidades de GEI. En el caso colombiano, el Ministerio de Ambiente, en el marco de la COP27 del año 2022 estimó que los daños y pérdidas por el cambio climático llegarán a ser de 4,3 billones de pesos al año. Colombia es el primer país en América Latina en realizar esta cuantificación. Dicha cifra fue comunicada buscando que el sistema financiero mundial reduzca la deuda de los países en desarrollo que implementen acciones climáticas. Esta es una iniciativa que ahora comparten el Gobierno nacional y los activistas climáticos de Colombia.

Las reparaciones climáticas son otro ejemplo de la institucionalización del cambio climático en Colombia. La cifra anterior presentada por el Ministerio de Ambiente es una proyección de INGENIAR, que calcula el promedio multianual de las pérdidas por desastres (PAE) a partir de diferentes escenarios climáticos planteados por el IPCC a 2100 (Cardona *et al.*, 2020). Los cuatro escenarios climáticos considerados generan resultados que oscilan entre 3,55 y 4,33 billones de pesos. Actualmente, según este reporte, el PAE del país es de 3,28 billones y a futuro puede aumentar entre 8 y 39 %, según diferentes escenarios. Es de subrayar que, en contraste con la TCNCC del IDEAM, esta consultoría menciona la incertidumbre profunda en la toma de decisiones climáticas, “tanto el riesgo catastrófico asociado al cambio climático como la manera como las medidas de adaptación modifican sus impactos, son estados hipotéticos cuya cuantificación exacta es imposible” (Cardona *et al.*, 2020, p.13).

Para identificar el impacto y la responsabilidad de Colombia en la crisis climática, es necesario identificar sus emisiones de GEI. Según el Inventario Nacional y Departamental de GEI, en la serie histórica 1990-2012, Colombia está en el puesto 105 (de mayor a menor) en el ranking de emisores mundiales GEI per cápita al emitir 4,2 toneladas que se agrupan en una escala común llamada “dióxido de carbono equivalente” (CO₂ eq), mientras que la emisión bruta anual es de 7 toneladas de CO₂ eq/habitante (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLETERÍA, 2016). En estos cálculos no se incluyen las absorciones del bosque natural, debido a la diversidad y particularidad en el manejo de los bosques del país, que generan amplias incertidumbres en las estimaciones.

El Tercer Informe Bienal de Actualización de Colombia a la CMNUCC indica que las emisiones totales anuales (no se presentan per cápita) en la serie 1990-2018 son de 245 089 Gigagramos (Gg) de CO₂ eq, las absorciones en -12 293 Gg de CO₂ eq y las emisiones netas a 232 795 Gg de CO₂ eq. Se establece un umbral de incertidumbre en los estimados de un 8,3 %. La mayor fuente de incertidumbre es el módulo de

residuos al variar entre -10,0 % y +16,0 % (IDEAM, Fundación Natura, PNUD, MADS, DNP, CANCELLETA, 2021). Por su parte, según la serie 1990-2020 de Climate Watch Data, las emisiones de Colombia son de 5,3 ton CO₂ eq./habitante y 270,31 toneladas métricas (MtCO₂e) de emisiones totales, que equivale al 0,57 % de las emisiones globales (Climatewatch, 2022). Las cifras de Climate Watch Data no necesariamente concuerdan con las emisiones globales totales porque no se basan solamente en fuentes de información oficiales, sino que toman otros datos disponibles. Frente a diversas cifras presentadas es importante preguntar: ¿en qué medida las mediciones y comparaciones internacionales sobre emisiones nacionales de GEI son confiables? ¿Por qué existen variaciones en estas cifras y métodos de cuantificación (emisiones totales anuales/per cápita)? ¿Cuál es el grado de confianza científica en el ejercicio de cuantificar las responsabilidades financieras de los mayores emisores de GEI?

Fuentes de información

Los países subestiman sus emisiones de GEI en sus reportes ya que los inventarios nacionales solo dan cuenta del 70 % de las emisiones mundiales (Pearce, 2024). Si bien, estos inventarios siguen los estándares técnicos del IPCC, las agencias estatales interpretan a discreción algunos de estos criterios. Los inventarios reportados no siempre son confiables porque los gobiernos no siempre miden las mismas variables y sectores. Además, les dan significados diferentes a categorías como “tierras manejadas” y la “remoción de carbono causadas por el ser humano” (Gidden, Gasse y Grassi, 2023).

Sumado a lo anterior, hay discrepancias y problemas en estos reportes, porque los países integrantes de la CMNUCC poseen diferentes requerimientos técnicos para sus informes, capacidades de cumplirlos y datos históricos (Climatewatch, 2022; Pearce, 2024). Además, dado que la entrega de datos a las Naciones Unidas no es un requisito obligatorio, algunos países no actualizan sus datos, como Qatar desde 2007. Un ejemplo de los problemas de los inventarios nacionales es el caso de China, pues existe una inconsistencia en los datos oficiales de emisiones más amplia que la cantidad de GEI que emite Japón (Guan *et al.*, 2012).

Otro factor que genera inconsistencias en las cifras a nivel mundial es que en la metodología de inventarios nacionales del IPCC no se calculan las emisiones de transporte aéreo y marítimo internacional, actividades militares ni incendios forestales. Además, existen vacíos de información nacional, ya sea por submonitoreo de industrias y vertederos de basura, carencia de monitoreo (fugas de metano en minas, emisión en reservorios de agua o perturbación del fondo marino por la pesca de arrastre), e inclusive, por la falta de comprensión científica de los factores naturales y antropogénicos que afectan las emisiones de GEI.

Dificultades comparativas

Aunque es posible obtener datos más rigurosos de las emisiones globales de GEI, la interpretación de estas cifras posee enormes retos intelectuales y políticos. Existen diferentes estrategias de comparación que cambian las jerarquías de los países emisores. En términos espaciales, individualizar el total de las emisiones por país es problemático debido a que se comparan países con diferentes extensiones territoriales, número de habitantes, dinámicas económicas y ecosistemas con diferentes capacidades de captar CO₂. Una solución es dividir el total de las emisiones por el número de habitantes de un país lo que da cuenta de manera más representativa el impacto de cada nación (figura 1).

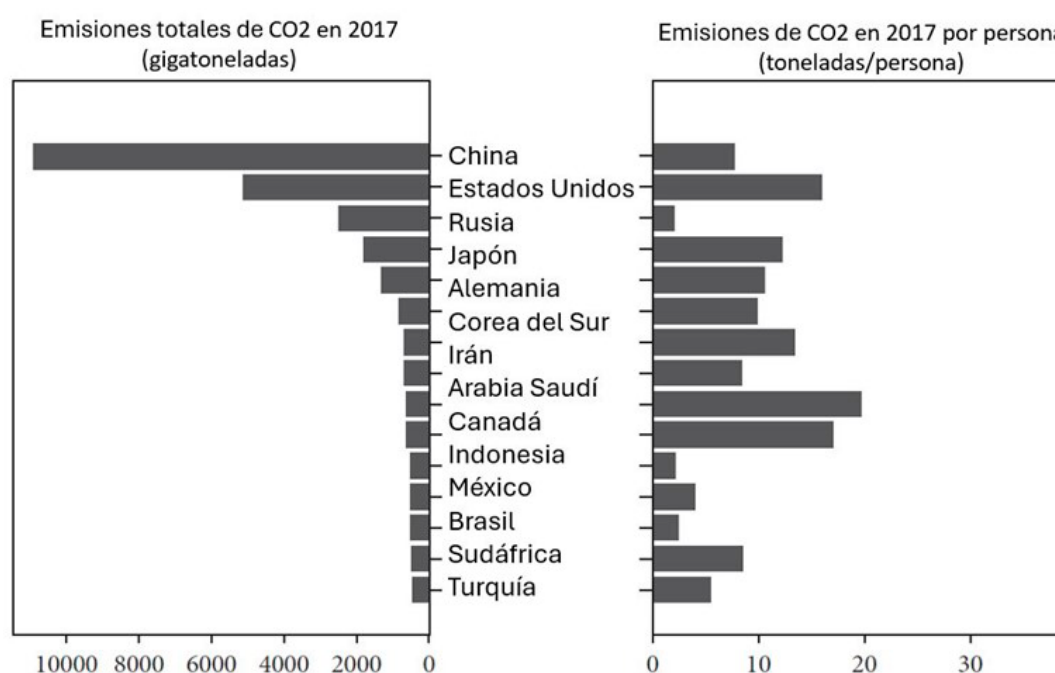


Figura 1. Emisiones totales y per cápita de CO₂ en 2017.

Fuente: Adaptado de Pindyck (2022, p. 98).

El problema de esta estrategia es que no aclara totalmente de la responsabilidad nacional, ya que muchos países emiten GEI con el fin de generar productos o servicios para otras naciones. Por este motivo es importante diferenciar entre la producción y el consumo de CO₂ (figura 2).

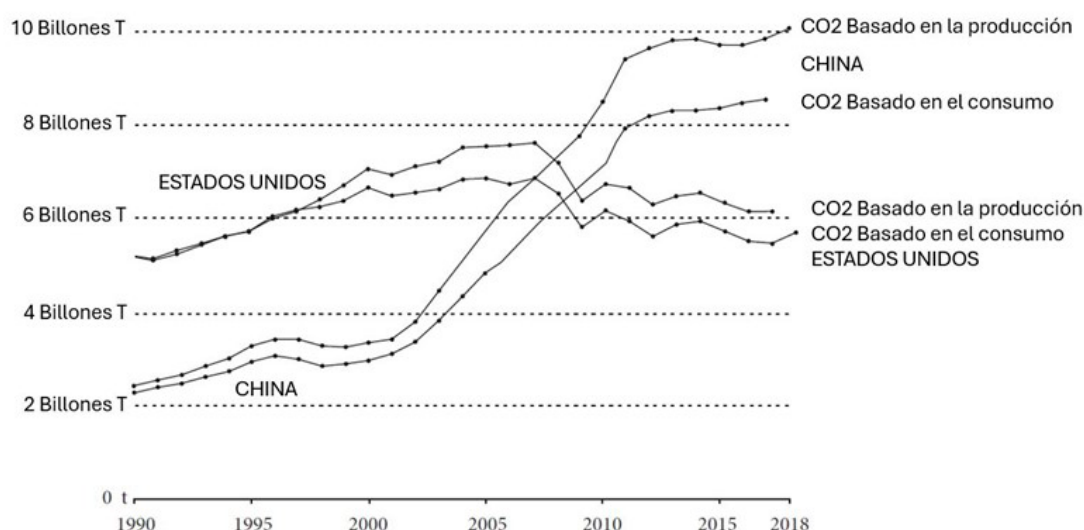


Figura 2. Emisiones de CO₂ de Estados Unidos y China, en producción versus consumo.
 Fuente: Adaptado de Pindyck (2022, p. 109).

Otra opción es comparar emisiones antropogénicas netas históricas acumuladas de CO₂ por país o región. Aun así, debido a que las nacionales cambian su ritmo de emisión a lo largo de décadas, los criterios en los periodos de tiempo medidos (inicio y fin) también va a cambiar la posición en las jerarquías mundiales. En términos temporales, las comparaciones son inciertas porque las emisiones locales se mezclan en la atmósfera, por lo que encontramos GEI de otras décadas emitidos por otras generaciones.

Para dificultar aún más las comparaciones mundiales cada GEI persiste en la atmósfera en periodos diferentes. Existen tasas de disipación disímiles. Se estima que el metano puede durar una década, el óxido nitroso un siglo y el dióxido de carbono varios siglos. Además, el Potencial de Calentamiento Global (PCG) de cada gas —su capacidad para retener energía térmica— cambia con el tiempo. Por ejemplo, en un horizonte temporal de 100 años el metano absorbe 36 veces más calor en la atmósfera que el CO₂, aunque en un horizonte temporal de 20 años, lo hace 87 veces. Debido a que la selección de un horizonte temporal es arbitraria, este criterio está abierto a disputas científicas. No obstante, los efectos de estos gases se subestiman porque los cálculos de los PCG tienden a estar desactualizados en los modelos climáticos (Kemfert *et al.*, 2022). Así mismo, cada GEI posee diferentes niveles de concentración en la atmósfera y sus métodos de medición tienen diferentes umbrales de confianza e incertidumbre, pero existen datos más confiables del dióxido de carbono que del metano.

Hacer conmensurables conjuntos de datos de diferentes gases y emisores es útil para tener un panorama general de los GEI en el mundo. No obstante, sus gráficas son quimeras estadísticas elaboradas en medio de enormes problemas de acceso a la

información y desafíos comparativos. Los datos de cada sector ofrecen un promedio general que oculta una variación interna en sus niveles de confianza¹. Aún, si se pudiesen alinear todas las voluntades políticas para tener cifras unificadas y precisas de las emisiones (la meta imposible de la estandarización, véase Perdomo [2024c]), no hay forma exacta de calcular la responsabilidad financiera de los mayores emisores de GEI porque el impacto regional del cambio climático depende parcialmente de la vulnerabilidad social, la cual está configurada por decisiones políticas locales.

Incertidumbres operativas

Aunque existe un amplio conocimiento científico sobre los factores económicos, tecnológicos y políticos que afectan las emisiones de GEI, según Pindyck (2021), la cuantificación del impacto económico seguirá siendo una tarea especulativa por múltiples motivos. No es posible conocer el desempeño futuro del producto interno bruto (PIB), pues se desconoce la concentración atmosférica final de las emisiones de GEI, y existe un amplio umbral de posibilidades sobre su incidencia en el aumento de la temperatura global. Aunque puedan identificarse tendencias en el impacto económico causado por cambios de temperatura en la agricultura en otras actividades económicas, esto es incierto: “Puede ser que la relación entre temperatura y economía no sea sólo algo que no sabemos, sino algo que no podemos saber, al menos durante el horizonte temporal relevante para el diseño y evaluación de la política climática” (Pindyck, 2021, p. 25).

A pesar de que se pudiese conocer el impacto económico del cambio climático en la reducción mundial del PIB y el costo anual de una política de reducción de emisiones de GEI, no hay forma de cuantificar de antemano las ganancias financieras futuras de tomar estas medidas. Es incierto saber qué porcentaje de crecimiento del PIB se está dispuesto a sacrificar en los próximos años para evitar el incremento de temperatura dado que existen diferentes proyecciones de riesgo y expectativas de beneficio. Por todo lo anterior, para Pindyck las políticas climáticas son controversiales. Científicos y economistas no se ponen de acuerdo en cuáles escenarios futuros son más probables, cómo cuantificar los impactos del cambio climático y los efectos de diferentes políticas, debido a las incertidumbres inherentes al estudio de este tema. Incluso cuando no es posible cuantificar el valor financiero de reducir emisiones de GEI, esta acción es urgente para evitar los peores escenarios climáticos (Pindyck, 2021).

1 El Sexto Reporte de Evaluación del IPCC indica que el umbral de incertidumbre en el cálculo global de GEI es de ± 11 %, dióxido de carbono procedente de la quema de combustibles fósiles y procesos industriales ± 8 %; metano y gases fluorados ± 30 %; óxido nitroso ± 60 %, gases de efecto invernadero resultantes del uso de la tierra inducido directamente por el ser humano, cambios de uso de la tierra y actividades forestales ± 70 % (IPCC, 2022).

Reducir los debates climáticos a cifras de emisiones de GEI es otra forma en la que se institucionaliza el cambio climático. Hulme (2018, 2023) advierte que, centrar los debates del cambio climático en emisiones o metas de temperatura puede ser un limitante para abordar esta crisis. Tomar decisiones solamente basados en números justifica respuestas utilitaristas que evitan complejas discusiones políticas y morales. A partir de la revisión de esta sección sobre los inventarios nacionales de GEI, las comparaciones internacionales y los impactos económicos de las emisiones de GEI es posible sostener que estas cifras son estimaciones útiles para iniciar conversaciones científicas y políticas, pero no para terminarlas. Por otra parte, es un error esperar las proyecciones de modelos climáticos globales para tomar decisiones regionales y es problemático esperar cifras científicas de emisiones de GEI para direccionar la justicia climática.

Recientemente las mediciones satelitales han demostrado un enorme potencial para cuantificar con mayor rigurosidad las emisiones mundiales GEI, pero datos más precisos no resuelven problemas en las fuentes de información, estrategias de comparación e incertidumbres operativas. Como en Colombia el Gobierno, al igual que activistas, están centrando sus discursos en la reparación climática, es necesario advertir que esta no es solo una discusión de conocimiento, sino también de valores. El crecimiento y la operación de fondos de daños y pérdidas por el cambio climático dependerá más de debates políticos y morales sobre nuestras responsabilidades con otras generaciones, otros humanos y seres no humanos que de cálculos científicos provisionales.

Desafíos políticos

Es necesario resaltar los diferentes matices y retos que implica el ejercicio de identificar las responsabilidades históricas del cambio climático. Si bien los países del norte global son los principales causantes de esta crisis, Ghosh (2016) argumenta que, de no ser por la influencia colonial, restricciones demográficas y políticas nacionales que desaceleraron la industrialización de países asiáticos en décadas pasadas, las emisiones mundiales de GEI hubiesen incrementado mucho antes. Las reparaciones climáticas deben reconocer que estos factores han retrasado el crecimiento económico de China e India, de este modo:

la complejidad de la genealogía de la economía del carbono también encierra una lección para quienes en el Sur global trazan una línea clara y amplia entre “nosotros” y “ellos” en relación con el calentamiento global. Si bien no cabe duda de que la crisis climática fue provocada por la forma en que evolucionó la economía del carbono en Occidente, también es cierto que la cuestión podría haber tomado muchos rumbos diferentes (Ghosh, 2016, p. 114).

No es una tarea sencilla determinar con precisión los responsables de la crisis climática. Aunque las compañías del sector fósil cada año obtienen mayores ganancias, su operación y crecimiento requiere de la inyección de altas cantidades de dinero, lo cual complejiza la distribución de responsabilidad del cambio climático y, por lo tanto, definir reparaciones internacionales. ¿Son las grandes compañías petroleras las culpables de la crisis climática? ¿El sistema financiero internacional que endeuda y empobrece países y los obliga así a quemar y vender combustibles fósiles para pagar sus deudas? ¿Los gobiernos que subsidian el consumo de gasolina y les ofrecen a estas empresas paquetes de ayuda en tiempos de crisis?

¿La culpa es de las grandes aseguradoras que respaldan la construcción de infraestructuras petroleras? ¿Los grandes bancos que les ofrecen créditos a estas compañías? ¿Las leyes y los políticos que permiten la influencia de petroleros en las elecciones? ¿Los fondos de inversiones que financian las industrias fósiles? ¿Las compañías y personas que invierten su dinero en carteras de inversión? ¿Los mayores sectores y actores que emiten GEI como la agricultura y el Departamento de Defensa de Estados Unidos? ¿Los mayores consumidores individuales de productos y servicios que requieren de la quema de combustibles fósiles?

¿La responsabilidad es de todas las personas que se han beneficiado de productos derivados del petróleo? Toda evaluación debe ser contextual, dado que el impacto ambiental de las personas varía por país y clase social. Por ejemplo, el costo socioambiental de producir un kilo de carne o producir un megavatio de energía es diferente tanto Estados Unidos como en Colombia. Las preguntas anteriores tienen como propósito mostrar que existen múltiples formas de delimitar la responsabilidad de la crisis climática. Por esta razón, dependiendo de la formación profesional, posturas políticas y marcos morales, se selecciona una metodología y se resaltan casos de estudio que enfocan y desenfocan responsabilidades particulares de la crisis climática. Hulme (2020) advierte que tomar decisiones a partir de las cifras de carbono termina siendo una estrategia autoritaria que cierra discusiones políticas y excluye el racionamiento moral:

El solucionismo climático, impulsado por las métricas, enmascara la diversidad política y de valores controvertidos que subyacen a las diferentes decisiones personales y colectivas: quién gana, quién pierde, qué valores cuentan. Es una forma de atenuación moral. Las métricas son atractivas porque simplifican realidades complejas en números “objetivos” y porque parecen obviar la necesidad de un juicio moral difícil (p. 310-311).

El reto de establecer acuerdos de reparación climática es que las naciones del norte global van a buscar distribuir su carga financiera al solicitar aportes a empresas privadas y a grandes emisores de GEI como China, lo cual puede empantanar las discusiones políticas. Otra dificultad en estas negociaciones es determinar si todos los países

en vías de desarrollo o solo lo más vulnerables deben recibir este dinero. Es probable que los nuevos fondos continúen su destino a naciones que sufren más desastres naturales que Colombia como países de África y del sur de Asia. Es importante agregar la desconfianza que puedan tener los gobiernos del norte global que realicen pagos por reparaciones climáticas, pues el dinero puede ser utilizado de manera incorrecta por las naciones del sur global debido a la corrupción. Además, estos gobiernos pueden incumplir con acuerdos internacionales debido a crisis económicas, o por cambios en las prioridades en las agendas de los gobiernos de turno.

Las reparaciones climáticas poseen múltiples obstáculos porque pueden afectar la soberanía nacional. Investigadores de Censat Agua Viva (2024), una organización ambientalista de Colombia, advierten que, el canjeo de la deuda externa por acción climática nacional puede delegarle el control de ecosistemas a ONG internacionales, aumentar la deuda externa y legitimar deudas internacionales. El mayor problema es que estas negociaciones no son transparentes y carecen de participación de actores locales afectados. Finalmente, dado que los acuerdos internacionales de reducción de emisiones de GEI han sido inefectivos, existe la posibilidad de que en las próximas décadas los países se enfoquen en estrategias diferentes a las reparaciones climáticas internacionales, como los impuestos mundiales de carbono que generan recursos económicos internos (para entender cómo pueden operar estos impuestos y sus amplios beneficios véase Pindyck [2022]).

La atribución de una cadena causal entre eventos meteorológicos extremos individuales relacionados con el cambio climático, impactos económicos y emisiones de GEI por parte de países e industrias seguirá siendo una tarea elusiva. Se debe advertir que culpar a otras naciones del mundo por la alta recurrencia de desastres naturales en Colombia en búsqueda de reparaciones internacionales puede evitar debates políticos internos. A pesar de que el país cuenta con una normativa clara y robusta en la gestión del riesgo de desastres, existen enormes problemas al momento de su aplicación por parte de entidades territoriales. Entre las causas principales están el desconocimiento de leyes y la desarticulación institucional, limitaciones en capacidad de liderazgo y ejecución, falta de comunicación con la ciudadanía —lo cual genera una preparación deficiente ante emergencias—, toma de decisiones pensadas en la respuesta al riesgo en vez de su prevención, carencia de funcionarios capacitados a nivel local, falta de diagnósticos territoriales y datos históricos que permitan identificar riesgos, presupuestos municipales limitados y falta de vigilancia ciudadana y estatal (Ávila-Toscano *et al.*, 2014).

En síntesis, los obstáculos institucionales anteriormente mencionados hacen a Colombia altamente vulnerable ante eventos meteorológicos extremos. Dado a que el impacto global de las reducciones de emisiones de GEI del país y su poder de

negociación internacional son mínimos, es urgente centrar las acciones de activistas, investigadores e instituciones, no solo en mitigación y reparación, sino en cuanto a la adaptación climática para el fortalecimiento de los sistemas de gestión de riesgo ante desastres. Cada día aumentarán costos en términos financieros, ecológicos y de vidas humanas si no preparamos nuestras ciudades ante los impactos tanto del cambio climático como de la variabilidad natural.

Conclusión

Esta investigación analizó cómo se procesan y comunican los datos climáticos dentro de las instituciones en Colombia. Para ello se evaluaron los usos de los modelos climáticos y las reparaciones internacionales considerando el alcance y las incertidumbres del conocimiento científico actual. El diagnóstico elaborado en este estudio levanta serias dudas sobre la forma en que se aborda el cambio climático en el país. Como hallazgos importantes, se identificaron las causas del uso acrítico de proyecciones climáticas en la adaptación climática en Colombia, y los amplios desafíos epistemológicos y políticos que obstaculizan las reparaciones climáticas internacionales. Los diferentes apartados de este estudio permitieron advertir sobre los peligros de la institucionalización del cambio climático, dado que estructuras burocráticas pueden limitar la comprensión del cambio climático y la evaluación crítica ante las medidas de acción propuestas.

Para confrontar la visión de túnel generada por la institucionalización del cambio climático en el desarrollo de política pública y negociaciones internacionales, se deben reconocer los límites del conocimiento científico. Por ejemplo, identificar las incertidumbres de los modelos climáticos globales conduce a la búsqueda de estrategias de gobernanza participativa; y a su vez, reconocerlas en las reparaciones climáticas concibe una orientación sobre las acciones climáticas a las estrategias de adaptación en clave de gestión del riesgo.

Finalmente, la academia no debe solamente compartir el conocimiento existente sobre la crisis climática sino también evaluar el uso de este saber. De este modo, se ofrecen herramientas analíticas que permiten tomar mejores decisiones a futuro. Ahora bien, las críticas realizadas en esta investigación a las instituciones nacionales no deben oscurecer injustamente el hecho de que lo que sucede en Colombia no es aislado, pues los retos interpretativos y comunicativos de la ciencia climática son compartidos a lo largo del planeta. En este sentido, las acciones climáticas constantemente dejan nuevos logros, preguntas, críticas y aprendizajes.

Referencias bibliográficas

- Arias, P. A., Villegas, L. D., Mesa, O. J., Pabón, J. D., Arango, J., Arango-Aramburo, S., Armenteras, D., Barahona, R., Berrouet, L., Barco, J., Cardona, Y., Carvajal-Escobar, Y., Ceballos-Bonilla, L. I., Cerón, W. L., Escobar, J. H., González, C., Hoyos, I. C., Hoyos, N., Jaramillo, C., Jiménez-Sánchez, G., ... y Zuluaga, M. D. (2023). Implicaciones metodológicas e inconsistencias de la tercera comunicación nacional sobre cambio climático de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 47(183), 123-145. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1234>
- Ávila-Toscano, J. Solano, V., Jiménez, M., Rapalino, O., Vivas, O., Sáenz, N. y Herrera, A. (2014). La política de Gestión del Riesgo de Desastres en Colombia: Una síntesis de los resultados y su discusión. En J. Ávila-Toscano, *Política pública de gestión del riesgo de desastres en Colombia. Análisis de la Ley 1523 de 2012 en territorios del Caribe afectados por desastres invernales* (253-276). Barranquilla: Ediciones Corporación Universitaria Reformada.
- Boas, I., Farbotko, C., Adams, H., Sterly, H., Bush, S., Wiegel, H., Ashraf, H., Baldwin, A., Bettini, G., Blondin, S., De Bruijn, M., Fröhlich, C., Gioli, G., Guaita, L., Hut, E., Jarawura, F. X., Lamers, M., Lietaer, S., Nash, S. L., ... y Hulme, M. (2019). Climate migration myths. *Nature Climate Change*, 9(12), 901-903. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0633-3>
- Cardona, O., Bernal, G., Pabón, J.D., Marulanda, M. C. y Carreño, M. L., (2020). *Entregable 1: Plan de trabajo y enfoque metodológico. Estudio de Riesgo por Efectos del Cambio Climático y Medidas de Adaptación para la Estrategia a Largo Plazo E2050 de Colombia – Fase 1. Preparado para Expertise France. INGENIAR Risk Intelligence Ltda. Bogotá*. Recuperado de https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Plan_trabajo_Metodologia_Ingeniar.pdf
- Cardona, O., Bernal, G., Pabón, J.D., Marulanda, M.C., Carreño, M. L., González, D., Villegas, C., Marulanda, P., Grajales, S., Rincón, D. y Molina, J.F. (2020). *Estudio de Riesgo por Efectos del Cambio Climático y Medidas de Adaptación para la Estrategia a Largo Plazo E2050 de Colombia – Fase 1*. Recuperado de https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Modelacion_Adaptacion_Riesgo_Colombia.pdf
- Castillo, E. y Ospina, F. (2023). *Evaluación del impacto del cambio climático en la oferta hídrica en cuencas hidrográficas poco instrumentadas Caso de estudio Cuenca hidrográfica del río Bitá, Departamento del Vichada* (Tesis de maestría). Universidad Católica de Manizales.
- Cavazos, T., Bettolli, M. L., Campbell, D., Sánchez Rodríguez, R. A., Mycoo, M., Arias, P. A., Rivera, J., Reboita, M. S., Gulizia, C., Hidalgo, H. G., Alfaro, E. J., Stephenson, T. S., Sörensson, A. A., Castellanos, E., Ley, D., y Mahon, R. (2024). Challenges for climate change adaptation in Latin America and the Caribbean region. *Frontiers in Climate*, 6, 1392033. <https://doi.org/10.3389/fclim.2024.1392033>
- Censat Agua Viva (2024). *El canje de deuda por naturaleza o por acción climática: una falsa solución que perpetúa las deudas ilegítimas*. Recuperado de <https://censat.org/el-canje-de-deuda-por-naturaleza-o-por-accion-climatica-una-falsa-solucion/>
- Climatewatch (2022). *Climate watch country greenhouse emissions data method note*. Recuperado de https://wri-sites.s3.us-east-1.amazonaws.com/climatewatch.org/www.climatewatch.org/climate-watch/wri_metadata/CW_GHG_Method_Note.pdf

- Conway, D., Nicholls, R.J., Brown, S. *et al.* (2019). The need for bottom-up assessments of climate risks and adaptation in climate-sensitive regions. *Nature Climate Change*, 9, 503–511 <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0502-0>
- Dyke, J.; Knorr, W. y Watson, R. (2021). Why Net Zero Policies Do More Harm than Good. En S. Böhm y S. Sullivan (eds.) *Negotiating Climate Change in Crisis* (pp. 39-51). Cambridge, UK: Open Book Publishers. <https://doi.org/10.11647/OBP.0265>
- Dessai, S., M. Hulme, R. Lempert, y Pielke, R. (2009). Do We Need Better Predictions to Adapt to a Changing Climate? *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 90(13), 111–112. <https://doi.org/10.1029/2009EO130003>
- Durand-Delacre, D., Bettini, G., Nash, S. L., Sterly, H., Gioli, G., Hut, E., Boas, I., Farbotko, C., Sakdapolrak, P., de Bruijn, M., Tripathy Furlong, B., van der Geest, K., Lietaer, S., y Hulme, M. (2023). Climate migration is about people, not numbers. En S. Böhm y S. Sullivan (Eds.), *Negotiating climate change* (pp.123-145). Recuperado de <https://books.openbookpublishers.com/10.11647/obp.0265.06.pdf>
- Edwards, P. (2017). Downscaling: From global to local in the climate knowledge infrastructure. En P. Harvey, C. Bruun Jensen y A. Morita. *Infrastructures and Social Complexity: A companion*, pp. 339-351. New York: Routledge.
- Gidden, M., Gasse, T. y Grassi, G. (2023) *Why resolving how land emissions are counted is critical for tracking climate progress*. Recuperado de <https://www.carbonbrief.org/guest-post-why-resolving-how-land-emissions-are-counted-is-critical-for-tracking-climate-progress/>
- Ghosh, A. (2016). *The Great Derangement. Climate Change and the Unthinkable*. The University the Chicago Press.
- Gobierno de Colombia (2021). *Estrategia climática de largo plazo de Colombia E2050 para cumplir con el Acuerdo de París*. MinAmbiente, DNP, Cancillería, AFD, Expertise France, WRI. Recuperado de https://unfccc.int/sites/default/files/resource/COL_LTS_Nov2021.pdf
- Graeber, D. (2015). *The utopia of rules. On technology, stupidity and the secret joy of bureaucracy*. Melville House.
- Guan, D., Liu, Z., Geng, Y., Lindner, S. y Hubacek, K. (2012). The gigatonne gap in China's carbon dioxide inventories. *Nature Climate Change*, 2(9), 672-675. <https://doi.org/10.1038/nclimate1560>
- Hausfather, Z., y Peters, G. P. (2020). Emissions – the ‘business as usual’ story is misleading. *Nature*, 577(7792), 618-620. <https://doi.org/10.1038/d41586-020-00177-3>
- Helo, J. (2023). Into the tropics: Temperature, mortality, and access to health care in Colombia. *Journal of Environmental Economics and Management*, 119.
- Hulme, M. (2011). Reducing the Future to Climate: A Story of Climate Determinism and Reductionism. *Osiris*, 26(1), 245-266.
- Hulme, M. (2018). *Morality by numbers? Against the regulatory power of carbon metrics*. Recuperado de <https://mikehulme.org/morality-by-numbers-against-the-regulatory-power-of-carbon-metrics/>
- Hulme, M. (2023). *Climate change is not everything*. Polity press. Cambridge.

- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLEERÍA (2016). *Tercera Comunicación Nacional de Colombia a la Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático (CMNUCC)*. Recuperado de https://www4.unfccc.int/sites/SubmissionsStaging/NationalReports/Documents/4617350_Colombia-NC3-1-RESUMEN%20EJECUTIVO%20TCNCC%20COLOMBIA%20A%20LA%20CMNUCC%202017.pdf
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLEERÍA (2016) Inventario nacional y departamental de gases de efecto invernadero – Colombia. Tercera comunicación nacional de cambio climático. Recuperado de <https://archivo.minambiente.gov.co/images/AsuntosMarinosCosetrosyRecursosAcuatico/INGEI.pdf>
- IDEAM (2020) *Informe del estado de los 2019 glaciares colombianos*. Bogotá.
- IDEAM, Fundación Natura, PNUD, MADS, DNP, CANCELLEERÍA (2021). *Tercer Informe Bienal de Actualización de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC)*. Recuperado de <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/BUR3%20-%20COLOMBIA.pdf>
- IDEAM (2024) *Escenarios de cambio climático cuarta comunicación nacional de Colombia*. Recuperado de <https://visualizador.ideam.gov.co/portal/apps/storymaps/stories/660ec48de9454157b54adc074b1f38fd>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2018). *Global warming of 1.5°C: An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* (V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, y T. Waterfield, Eds.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157940>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2022) *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, y J. Malley, Eds.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157926.001>
- Kelly-Richards, S., Silber-Coats, N., Crootof, A., Tecklin, D., y Bauer, C. (2017). Governing the transition to renewable energy: A review of impacts and policy issues in the small hydropower boom. *Energy Policy*, 101, 251–264. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.11.035>
- Kemfert, C., Präger, F., Braunger, I., Hoffart, F. y Brauers, H. (2022). The expansion of natural gas infrastructure puts energy transitions at risk. *Nature Energy*, 7, 582–587 <https://doi.org/10.1038/s41560-022-01060-3>
- La Silla Vacía (2022). *En temporada de lluvias y deslizamientos, la tormenta es al interior del Ideam*. Recuperado de <https://www.lasillavacia.com/silla-nacional/en-temporada-de-lluvias-y-deslizamientos-la-tormenta-es-al-interior-del-ideam/>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2023). *Consideraciones de cambio climático para el ordenamiento territorial*. Primera edición. Bogotá.

- Millstone, E. (2015). Invoking 'science' in debates about green transformations: A help or a hindrance? En *Pathways to sustainability: The politics of green transformations*, pp. 39-53. Routledge: NY.
- Mehta, L. Nicolai, H. y Srivastava, S. (Eds.) (2022) *The politics of climate change and uncertainty in India*. Routledge: NY
- Pearce, F. (2024) Nations Are Undercounting Emissions, Putting UN Goals at Risk. *Yale Environment* 360. Recuperado de <https://e360.yale.edu/features/undercounted-emissions-un-climate-change>
- Perdomo, J. (2024a). Whiskey is for drinking, water is for fighting: Colorado River water disputes at Lake Powell Pipeline. *Meteorology Hydrology and Water Management*, 12(1), 22-49. <https://doi.org/10.26491/mhwm/189401>
- Perdomo, J. (2024b). The struggle to anticipate the future: Political uses, technological approaches and moral debates on climate change. *Environmental Reviews*. <https://doi.org/10.1139/er-2024-0048>
- Perdomo, J. (2024c). The new tower of Babel: Epistemological and political challenges of water measurement in the Southwestern United States. [Manuscrito presentado para publicación].
- Pilkey, O. (2007). *Useless arithmetic: Why environmental scientists can't predict the future*. Columbia University Press. NY.
- Pielke, R. (2018). Opening U the Climate Policy Envelope. *Issues in Science and Technology*, 34, 4. <https://issues.org/opening-up-the-climate-policy-envelope/>
- Pindyck, R. (2021) What We Know and Don't Know about Climate Change, and Implications for Policy. *Environmental and Energy Policy and the Economy*, 2, 4-43, <https://doi.org/10.1086/711305>
- Quesada, B. y Avila-Diaz, A. (2023). Urgency of understanding and responding to hydroclimatic impacts in Colombia. *PLOS Climate*, 2(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000188>
- Romero-Rodríguez, D., Bernal, G. y Zea, S. (2014). Variables ambientales durante blanqueamiento coralino en el Caribe colombiano. *Revista De La Academia Colombiana De Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales*, 38(149), 347-355. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.49>
- Saltelli, A. (2019). *How politics closes down uncertainty*. Recuperado de <https://steps-centre.org/blog/how-politics-closes-down-uncertainty/>
- Sinn, H. (2015). The Green Paradox: A Supply-side View of the Climate Problem. *CESIFO WORKING PAPER NO. 5385*. Recuperado de https://www.econstor.eu/bitstream/10419/110884/1/cesifo_wp5385.pdf
- Schipper, E. (2020). Maladaptation: When Adaptation to Climate Change Goes Very Wrong. *One Earth*, 3(4), 409-414. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.09.014>
- Schipper, E. (2022). Catching maladaptation before it happens. *Nature Climate Change*, 12(7), 617-618. <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01409-2>
- Solli, J. y Ryghaug, M. (2014). Assembling climate knowledge: The role of local expertise. *The Nordic Journal of Science and Technology Studies*, 2(2), 18-28

- Stark, P. (2022). Pay No Attention to the Model Behind the Curtain. *Pure Appl. Geophys.*, 179, 4121–4145. <https://doi.org/10.1007/s00024-022-03137-2>
- Stirling, A. (2019). *How politics closes down uncertainty*. Recuperado de <https://steps-centre.org/blog/how-politics-closes-down-uncertainty/>
- Stirling, A. (2023). Mind the unknowns: Exploring the politics of ignorance in mathematical models. En A. Saltelli y M. DiFiore (Eds.). *The politics of modelling. Numbers between science and policy* (pp. 99–118). Oxford University Press.
- Tabari, H. (2020). Climate change's impact on flood and extreme precipitation increases with water availability. *Scientific Reports*, 10, 13768. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-70816-2>
- Velásquez, S. (2021) *Evaluación de la Capacidad de los Modelos CMIP6 para Simular la Evapotranspiración y Precipitación en el Norte de Suramérica* (Trabajo de grado). Universidad de Antioquia <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/20034>.

:: :: ::

Sobre el autor

Juan Camilo Perdomo Marín. Investigador independiente. Magíster en Humanidades Ambientales (Universidad de Utah). Manizales, Colombia. Últimas publicaciones: (2024) The Struggle to Anticipate the Future: Political Uses, Technological Approaches and Moral Debates on Climate Change. *Environmental Reviews* <https://doi.org/10.1139/er-2024-0048> - (2024) Whiskey is for drinking, water is for fighting: Colorado River water disputes at Lake Powell Pipeline. *Meteorology Hydrology and Water Management*. <https://doi.org/10.26491/mhwm/189401> <https://orcid.org/0000-0003-2714-455X> - juancamilo.perdomo@utah.edu

