

DAÑO CLIMÁTICO Y VALORACIÓN REPARATORIA

CLIMATE DAMAGE AND REPARATORY VALUE

Artículo recibido el: 12/03/2024

Artículo aceptado el: 27/08/2025

Émilien Vilas Boas Reis*

*Centro Universitário Dom Helder

Belo Horizonte/MG, Brasil

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9370336030652254>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0729-522X>

mboasr@yahoo.com.br

Marcelo Kokke*

*Centro Universitário Dom Helder

Belo Horizonte/MG, Brasil

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0844891247797428>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5696-4747>

marcelokokke@yahoo.com.br

The authors declare that there is no conflict of interest

Resumen

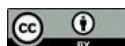
Este artículo utiliza la investigación bibliográfica, mediante el método analítico y exploratorio, con un enfoque teórico-cualitativo y crítico. El objetivo principal es explorar los efectos económicos provocados por el cambio climático, con los objetivos específicos de aclarar qué es el cambio climático, establecer la correlación histórica entre el aumento de la temperatura global y la acción antropogénica, y reflexionar sobre las investigaciones que analizan los impactos económicos del cambio climático. La investigación comienza aclarando qué son el cambio climático, el calentamiento global y los gases de efecto invernadero (GEI). A continuación, muestra cómo la interferencia antropogénica ha estado alterando el clima en los últimos 150 años. Por último, se evalúa la magnitud del daño climático y el modelo reparatorio que se está construyendo en el panorama jurídico brasileño. Así, el texto verifica la dimensión del impacto ecológico y económico derivado del cambio climático, con la propuesta de un escenario de obligaciones reparatorias relativas a obligaciones de hacer y de pagar, exigibles de forma acumulativa.

Palabras clave: Calentamiento Global. Impactos Económicos. Cambios Climáticos. Valoración Reparatoria.

Abstract

This article is based on bibliographic research, using the analytical and exploratory method and a theoretical-qualitative and critical approach. The main objective is to explore the economic effects caused by climate change, with the specific objectives of clarifying what climate change is, establishing a historical correlation between the increase in global temperature and human action, and reflecting on research that analyzes the economic impacts of climate change. The research begins by clarifying what climate change, global warming, and greenhouse gases are. It then shows how human interference has been altering the climate over the last 150 years. Finally, it assesses the extent of climate damage and the reparation model under construction in the Brazilian legal scenario. Thus, the text verifies the dimension of the ecological and economic impact resulting from climate change, with a proposal for a scenario of reparatory obligations relating to obligations to do and to pay, which are cumulatively enforceable.

Keywords: Global Warming. Economic Impacts. Climate Change. Reparatory Valuation.



1 INTRODUCCIÓN

Este artículo tiene como tema principal el cambio climático, sus aspectos económicos y la forma en que se establece la valoración del daño climático en el ordenamiento jurídico brasileño. La investigación analiza en qué consiste el cambio climático y, posteriormente, cómo afecta económicamente a la comunidad global y la intervención del Derecho. Para ello, se verificaron algunos impactos más directos, como los posibles daños materiales y humanos debidos al aumento de la temperatura mundial provocado por los seres humanos en las décadas sub- siguientes.

¿Cuáles son los impactos económicos del cambio climático y cómo trata el Derecho dichos impactos? Con esa pregunta se plantea el problema del texto, basándose en la constatación de que los seres humanos son los causantes de gran parte del cambio climático actual, dado que, hasta el siglo XVIII, los cambios climáticos estaban asociados a fenómenos naturales. Las consecuencias del aumento de la temperatura en la Tierra son innumerables, y uno de los factores que debe tenerse en cuenta es el daño natural, material y, en consecuencia, humano. La verificación de esos elementos puede orientar las políticas públicas, así como a la sociedad civil y a los individuos, hacia una mejor toma de decisiones en relación con los factores catalizadores del cambio climático.

En ese sentido, esta investigación, al constatar que los cambios climáticos contemporáneos se ven potenciados por las actividades antrópicas, parte de la hipótesis de que esto está generando y generará graves consecuencias económicas (naturales, materiales y humanas), siendo posible cuantificar los daños actuales en lo que respecta al propio crecimiento económico de los países y predecir graves pérdidas futuras, como la proyección de pérdidas de vidas humanas como consecuencia de los cambios climáticos.

Los efectos del cambio climático han sido percibidos por todos los seres vivos y demás entidades del planeta. En las últimas décadas se han realizado investigaciones que demuestran, con pruebas contundentes, que la interferencia humana ha acelerado dichos efectos, lo que ha provocado un aumento de la temperatura en la Tierra (calentamiento global), causado por innumerables actividades, sobre todo por la quema de combustibles fósiles, como el petróleo, el carbón mineral y el gas natural, además de la deforestación y las quemas.

El calentamiento global se manifiesta principalmente en el aumento de la temperatura media global del aire y los océanos, lo que provoca la subida del nivel del mar y los océanos debido al deshielo de las capas polares.

Actualmente, las temperaturas medias globales de la superficie terrestre son las más altas de los últimos cinco siglos, y en los últimos 100 años, la temperatura media global de la superficie ha aumentado alrededor de 0,74 °C. Si no se adoptan medidas para reducir el calentamiento global, es posible que, aún en el siglo XXI, la temperatura global aumente, en promedio, entre 2 °C y 5,8 °C. Tales cambios en la temperatura media de la Tierra pueden provocar grandes impactos en todas las formas de vida existentes en el planeta, incluyendo también los impactos eco- nómicos.

Por lo tanto, es importante suscitar un debate y promover la comprensión de que el cambio climático debe tratarse como un tema fundamental para la humani- dad en el siglo XXI. Por otro lado, es relevante señalar cómo se establece la valora- ción del daño climático en el ordenamiento jurídico brasileño, teniendo en cuenta el aumento significativo de los llamados litigios climáticos a lo largo de los años.

El artículo se justifica por la urgencia del tema del cambio climático y por la importante relación entre estos cambios y sus repercusiones económicas, siendo una forma de demostrar los efectos nocivos de la interferencia humana en el clima del planeta y cómo el Derecho ha reaccionado ante tales implicaciones.

El objetivo principal es señalar algunos efectos económicos provocados por el cambio climático, con los objetivos específicos de aclarar qué es el cambio climá- tico, establecer la correlación histórica entre el aumento de la temperatura global y la acción antropogénica, reflexionar sobre las investigaciones que analizan los impactos económicos del cambio climático y, por último, situar el Derecho como elemento fundamental para mitigar el cambio climático.

El texto comienza explicando el significado del cambio climático y los con- ceptos relacionados, como el calentamiento global y los gases de efecto invernade- ro (GEI). La investigación muestra, con análisis gráficos, las correlaciones entre el aumento de la población mundial, el aumento de la riqueza mundial, el aumento de las emisiones globales de CO₂ a la atmósfera, el aumento de la concentración global de CO₂ en la atmósfera y el aumento acelerado de la temperatura media global. Se trata de información importante, ya que está relacionada con la Revolu- ción Industrial, que tuvo lugar hace

150 años y que constituye un hito importante para comprender el periodo en el que se inserta el planeta.

Basado en investigaciones y estudios económicos, el texto ilustra los impactos que el cambio climático puede causar a nivel económico. Uno de los métodos utilizados en el trabajo es el analítico-exploratorio. Mediante el análisis y la correlación de las bases de datos de OurWorldinData.org y del IPCC, se exploran los datos, mostrando la interferencia humana en el clima del planeta durante los últimos 150 años.

La investigación busca ilustrar los impactos económicos del cambio climático mediante un análisis bibliográfico, con un método teórico-cualitativo y crítico, analizando la relación entre el cambio climático y la mortalidad resultante de estos cambios. Por último, tratará sobre los litigios climáticos y el papel del Derecho en la propuesta de un escenario de obligaciones reparadoras relativas a obligaciones de hacer y de pagar, exigibles de forma acumulativa.

2 CAMBIO CLIMÁTICO Y ACTIVIDADES ANTRÓPICAS

El cambio climático significa una alteración en el clima medio o en la variabilidad de sus características estándar, que puede permanecer durante un largo período, en décadas, siglos o milenios (UNFCC, 2011). En el ordenamiento jurídico brasileño, el concepto se atribuye a la Ley n. 12.187/2009, cuyo art. 2, VIII, identifica el cambio climático como un cambio en el clima que puede atribuirse directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma al provocado por la variabilidad climática natural observada a lo largo de períodos comparables (Brasil, 2009). Relacionados con el cambio climático están sus efectos adversos, definidos como cambios en el medio físico o la biota, resultantes del cambio climático que tienen efectos perjudiciales significativos sobre la composición, la resiliencia o la productividad de los ecosistemas naturales y gestionados, sobre el funcionamiento de los sistemas socioeconómicos o sobre la salud y el bienestar humanos (art. 2, II).

A lo largo de gran parte de la historia del planeta Tierra, los cambios se han producido como consecuencia de factores naturales. Se trata de lo que se denomina variabilidad natural (del clima), generada por los cambios en los sistemas climáticos y debida a causas externas naturales. Los registros paleoclimáticos, que pueden contener

vestigios de miles de años, y los modelos climáticos demuestran que las temperaturas han variado a lo largo del tiempo (Eyring et al., 2021).

La variabilidad natural se caracteriza como interna y externa. La variabilidad interna se produce cuando hay una redistribución de energía en el sistema climático, como los cambios en la circulación atmosférica, que afectan al clima regional cotidiano. Por su parte, la variabilidad natural externa puede producirse como consecuencia de cambios en la órbita terrestre, debido a variaciones en la recepción de energía solar o a través de grandes erupciones volcánicas. A pesar de tener un gran impacto en el clima terrestre, la variabilidad natural ha tenido poca influencia en el clima en los últimos siglos (Eyring et al., 2021).

Cabe destacar, además, que la variabilidad natural tiene poco impacto, si se analiza por décadas o siglos, en el sentido de que, estimada en el período comprendido entre 1850 y 2020, la contribución al calentamiento global en la superficie varió entre $-0,23\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+0,23\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el clima. Investigaciones mediante simulaciones¹, demuestran la

¹ “Los modelos climáticos son herramientas importantes para comprender los cambios climáticos pasados, presentes y futuros. Son programas informáticos sofisticados basados en las leyes fundamentales de la física de la atmósfera, el océano, el hielo y la tierra. Los modelos climáticos realizan sus cálculos en una rejilla tridimensional compuesta por pequeños bloques o ‘celdas de rejilla’ de aproximadamente 100 km de diámetro. Los procesos que ocurren a escalas menores que las celdas de la rejilla del modelo (como la transformación de la humedad de las nubes en lluvia) se tratan de forma simplificada. Esta simplificación varía entre diferentes modelos. Algunos modelos incluyen más procesos y mayor complejidad que otros; algunos representan los procesos con más detalle (con celdas de rejilla más pequeñas) que otros. Por lo tanto, el clima simulado y los cambios climáticos varían entre los modelos. [...] Los modelos continúan mejorando y son cada vez más precisos en la simulación de la gran variedad de procesos importantes que afectan al clima. [...] Los científicos evalúan el rendimiento de los modelos climáticos comparando simulaciones históricas de los modelos con observaciones. Esta evaluación incluye la comparación de promedios a gran escala, así como variaciones regionales y estacionales más detalladas. Hay dos aspectos importantes a considerar: (i) el rendimiento de los modelos individualmente y (ii) su rendimiento en conjunto. El promedio de varios modelos a menudo se compara mejor con las observaciones que cualquier modelo individual, ya que los errores en la representación de procesos detallados tienden a anularse en los promedios de múltiples modelos” (Eyring et al., 2021, p. 517, traducción libre).

Del original: “Climate models are important tools for understanding past, present and future climate change. They are sophisticated computer programs that are based on fundamental laws of physics of the atmosphere, ocean, ice, and land. Climate models perform their calculations on a three-dimensional grid made of small bricks or ‘gridcells’ of about 100 km across. Processes that occur on scales smaller than the model grid cells (such as the transformation of cloud moisture into rain) are treated in a simplified way. This simplification is done differently in different models. Some models include more processes and complexity than others; some represent processes in finer detail (smaller grid cells) than others. Hence the simulated climate and climate change vary between models. [...] Models continue to improve and get better and better at simulating the large variety of important processes that affect climate. [...] Scientists evaluate the performance of climate models by comparing historical climate model simulations to observations. This evaluation includes comparison of large-scale averages as well as more detailed regional and seasonal variations. There are two important aspects to consider: (i) how models perform individually and (ii) how they perform as a group. The average of many models often compares better against observations than any individual model, since errors in representing detailed processes tend to cancel each other out in multi-model averages”.

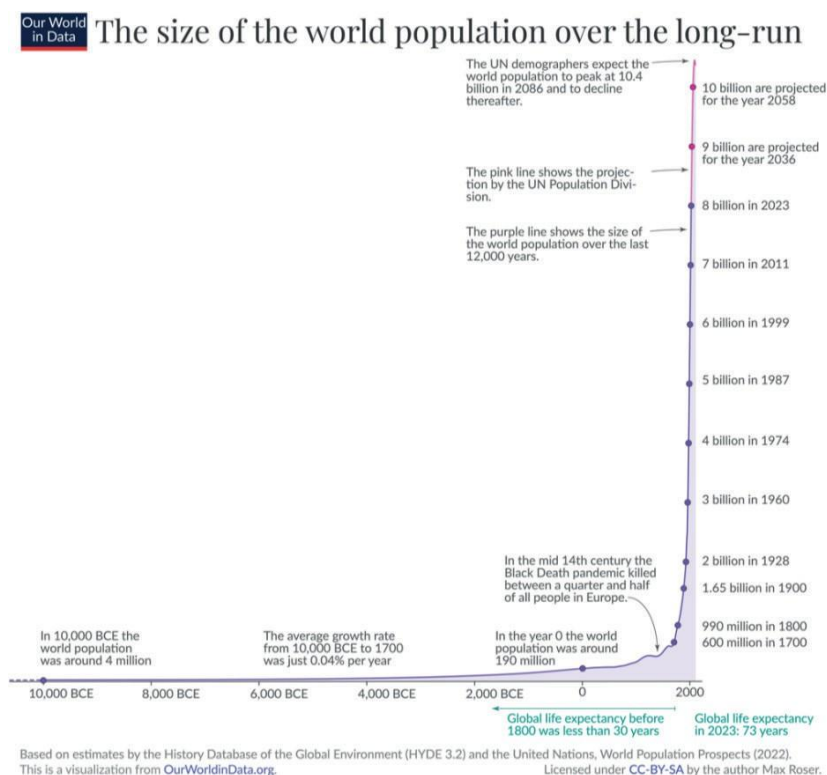
baja interferencia en el clima de la variabilidad natural durante un largo período (Eyring et al., 2021).

¿Qué ha provocado, entonces, un cambio tan drástico en la temperatura en los últimos 150 años? Para responder a esa pregunta, es importante analizar algunos cambios que se han producido a lo largo de los siglos.

El gráfico 1 ilustra la población mundial desde el año 10 000 a. C. hasta una previsión para el año 2086 d. C.

Gráfico 1.

El tamaño de la población mundial a lo largo de los años².



Fuente: Mathieu y Rodés-Guirao (2022).

² Textos del gráfico 1, en traducción libre: En el año 10 000 a. C., la población mundial era de alrededor de 4 millones.

La tasa media de crecimiento entre el año 10 000 a. C. y 1700 fue de solo el 0,04 % anual. En el año 0, la población mundial era de unos 190 millones.

A mediados del siglo XIV, la pandemia de la peste negra mató entre una cuarta parte y la mitad de toda la población de Europa.

La línea morada muestra el tamaño de la población mundial en los últimos 12 000 años. La línea rosa muestra la proyección de la División de Población de la ONU.

Los demógrafos de la ONU esperan que la población mundial alcance un máximo de 10 400 millones en 2086 y disminuya posteriormente.

La esperanza de vida global antes de 1800 era inferior a 30 años. Esperanza de vida global en 2023: 73 años.

Se puede observar, basándose en el Gráfico 1, que: (a) en el año 10 000 a. C., la población mundial era de 4 millones de personas; (b) en el año 1700 d. C., la población mundial era de 600 millones de personas; (c) entre el año 10 000 a. C. y el año 1700 d. C., la tasa de crecimiento fue del 0,04 % anual; (d) la esperanza de vida hasta el siglo XIX era de 30 años; (e) en los últimos 220 años, la población ha crecido de 1000 millones a 8000 millones de personas; (f) se espera que la población mundial alcance los 9000 millones de personas en 2036 y los 10 000 millones en 2058; (g) la esperanza de vida en 2019 era de 73 años; y (h) se prevé que, en 2086, la población mundial alcance un máximo de 10 400 millones y comience a disminuir.

El aumento exponencial de la población mundial se produjo a partir del siglo XVIII, que, no por casualidad, fue el siglo de la Revolución Industrial³. Como señala Galor (2023), existe una relación recíproca entre el tamaño de la población y los cambios tecnológicos. Pero, si hasta el siglo XVIII la población crecía al ritmo del avance tecnológico, tal y como proponía Thomas Malthus⁴, La Revolución Industrial rompió ese ciclo. La Revolución, impulsada por los notables avances tecnológicos, generó un aumento en la esperanza de vida, ya que el excedente de producción, a lo largo de las

³ Según Galor (2023, p. 75): “La máquina de vapor, diseñada por el herrero británico Thomas Newcomen, entró en uso comercial en 1712. Su propósito era bastante simple: bombear agua fuera de las minas de carbón, una tarea compleja que requería una fuerza de trabajo significativa en el siglo XVIII. Luego, entre los años 1763 y 1775, la nueva tecnología fue perfeccionada por el ingeniero escocés James Watt, quien adaptó los motores para el funcionamiento de máquinas de fábrica, difundiendo su uso industrial”.

⁴ “En 1798, el pensador inglés Thomas Malthus ofreció una teoría plausible sobre el mecanismo que mantenía estancados los niveles de vida, atrapando a las sociedades en la pobreza desde tiempos inmemoriales. Argumentó que, cada vez que las sociedades lograban generar un excedente de alimentos mediante la innovación tecnológica, el consiguiente aumento del nivel de vida solo podía ser provisional, ya que inevitablemente conduciría a un aumento correspondiente de las tasas de natalidad y a una reducción de las tasas de mortalidad. Por lo tanto, era solo cuestión de tiempo que el crecimiento demográfico posterior agotara los excedentes de alimentos y, así, las condiciones de vida volvieran a los niveles de subsistencia, dejando a las sociedades tan pobres como antes de esa innovación. [...] Irónicamente, sin embargo, tan pronto como Malthus completó su tratado y declaró que esta «trampa de la pobreza» duraría para siempre, el mecanismo que identificó perdió fuerza de forma repentina y se produjo la metamorfosis del estancamiento al crecimiento” (Galor, 2023, p. 15, traducción libre).

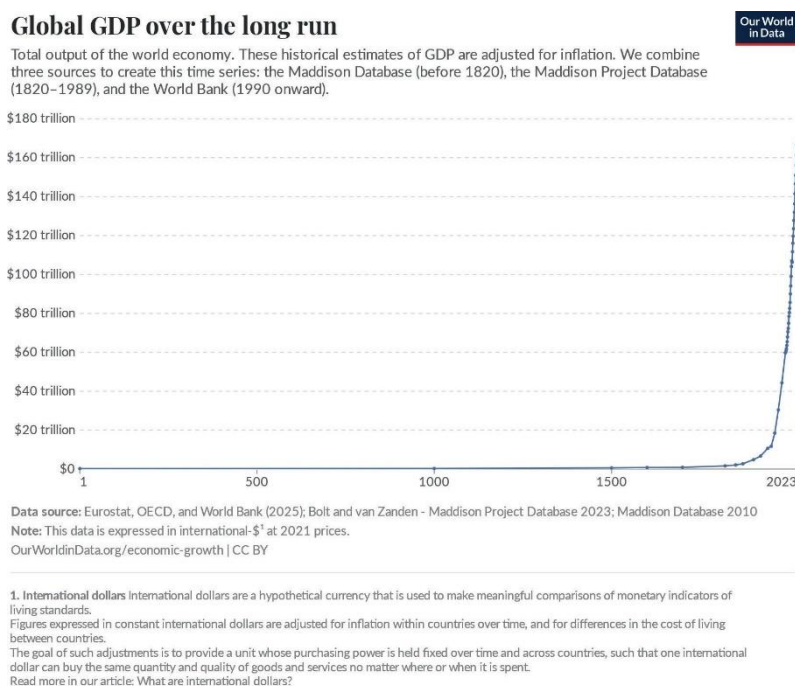
Del original: “Em 1798, o pensador inglês Thomas Malthus ofereceu uma teoria plausível para o mecanismo que fazia os padrões de vida permanecerem estagnados, prendendo as sociedades na pobreza desde tempos imemoriais. Ele argumentou que, sempre que as sociedades conseguiram gerar um excedente de alimentos por meio de inovação tecnológica, o consequente aumento nos padrões de vida só poderia ser provisório, pois inevitavelmente levaria a um aumento correspondente nas taxas de natalidade e a uma redução nas taxas de mortalidade. Portanto, era apenas uma questão de tempo até que o crescimento populacional subsequente esgotasse os excedentes de alimentos e, assim, as condições de vida voltassem aos níveis de subsistência, deixando as sociedades tão pobres quanto antes daquela inovação. [...] Ironicamente, no entanto, assim que Malthus completou seu tratado e declarou que essa ‘armadilha da pobreza’ ia durar para sempre, o mecanismo que identificou perdeu força de forma repentina, e ocorreu a metamorfose da estagnação ao crescimento”.

décadas posteriores, fue capaz de mejorar la vida de las personas, con más avances tecnológicos y un mayor acceso por parte de los individuos, aunque la desigualdad se convirtió en un problema en los siglos venideros.

El aumento de la población mundial, a su vez, ha provocado un aumento de la producción mundial (Gráfico 2).

Gráfico 2.

*PIB global a largo plazo*⁵.



Fuente: Global GDP (2024).

El Gráfico 2 muestra el PIB mundial en los últimos 2023 años, ajustado a la inflación y expresado en dólares, a precios de 2021. Cabe destacar que: (a) la riqueza mundial en el año 1 d. C. era de 247 700 millones de dólares; (b) en el año 1000 d. C., 284 850 millones de dólares; (c) en 1820, 1,63 billones de dólares;

⁵ Textos del Gráfico 2, en traducción libre: Producción total de la economía mundial. Estas estimaciones históricas del PIB están ajustadas por la inflación. Hemos combinado tres fuentes para crear esta serie temporal: la base de datos Maddison (antes de 1820), la base de datos del Proyecto Maddison (1820- 1989) y el Banco Mundial (desde 1990 en adelante).

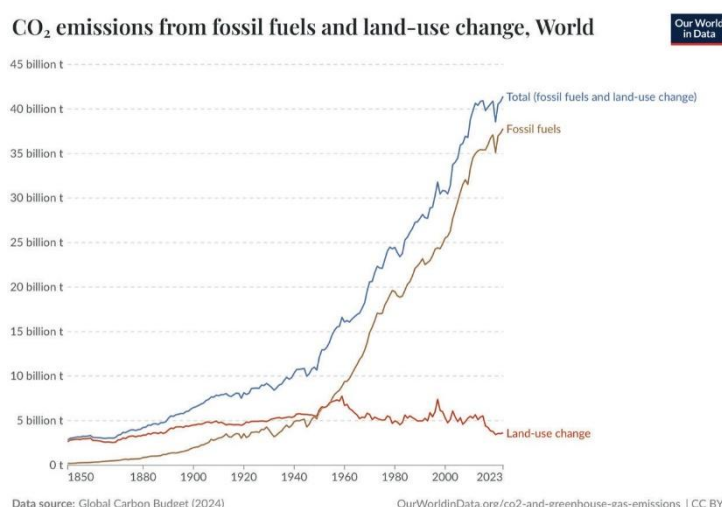
1. Los dólares internacionales son una moneda hipotética utilizada para realizar comparaciones significativas de los indicadores monetarios de los niveles de vida. Los valores expresados en dólares internacionales constantes se ajustan por la inflación en los países a lo largo del tiempo y por las diferencias en el costo de vida entre los países. El objetivo de estos ajustes es proporcionar una unidad cuyo poder adquisitivo se mantenga fijo a lo largo del tiempo y entre países, de modo que un dólar internacional pueda comprar la misma cantidad y calidad de bienes y servicios, independientemente de dónde o cuándo se gaste. Más información en nuestro artículo: “¿Qué son los dólares internacionales?”.

(d) en 1950, 11,74 billones de dólares; y (e) en 2023, 166,65 billones de dólares. Los últimos 70 años han tenido una mayor producción que toda la historia anterior de la especie Homo Sapiens. Entre los años 2022 y 2023, el aumento de la producción mundial fue de 5,27 billones de dólares, mayor que toda la producción mundial del siglo XIX, por ejemplo. En números absolutos, el aumento de la riqueza mundial es algo positivo, sin embargo, otro dato, que puede estar relacionado con el aumento de la población mundial y el aumento de la producción mundial, es bastante preocupante: la emisión global de dióxido de carbono (CO₂) en los últimos 170 años.

Con el crecimiento económico (y productivo), se ha producido un aumento considerable de la interferencia humana en la naturaleza, lo que se refleja en el aumento de las emisiones de CO₂. El gráfico 3 ilustra la producción de CO₂ por parte del ser humano a través del uso del suelo y la quema de combustibles fósiles.

Gráfico 3.

Emisiones de CO₂ procedentes de combustibles fósiles y cambios en el uso del suelo, Mundo (entre 1850 y 2023)⁶.



Fuente: Richier, Roser y Rosado (2020).

Analizando el Gráfico 3, se puede afirmar que: (a) las emisiones de CO₂ provocadas por el ser humano en 1850 eran de 2840 millones de toneladas anuales (2640 millones de toneladas por el uso del suelo y 196,85 millones de toneladas por la quema de combustibles fósiles); (b) en 1955 se produjo una inversión y, por primera vez en la

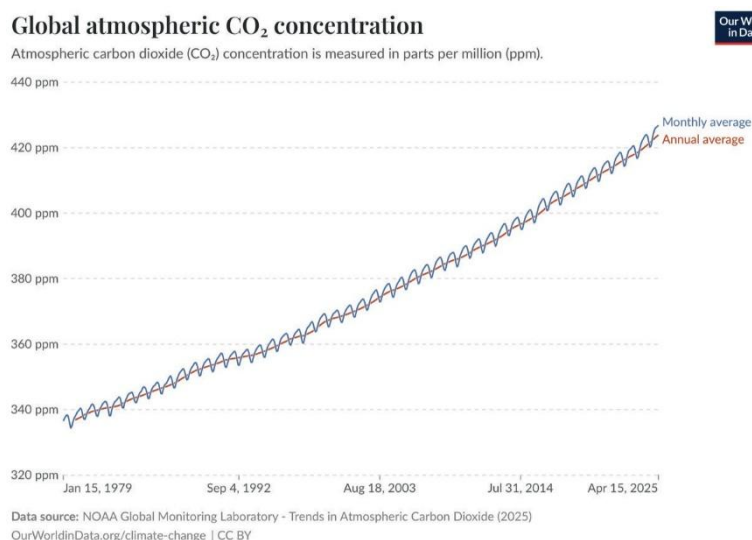
⁶ Textos del Gráfico 3, en traducción libre: Cambio en el uso de la tierra; Combustibles fósiles; Total (combustibles fósiles y cambios en el uso de la tierra).

historia de la humanidad, la quema de combustibles fósiles se convirtió en la principal causa de emisión de CO₂ (7440 millones de toneladas por la quema de combustibles fósiles y 7120 millones de toneladas por el uso del suelo); y (c) en 2023, se emitieron 40 830 millones de toneladas de CO₂ (37 790 toneladas por la quema de combustibles fósiles y 3620 millones de toneladas por el uso del suelo).

El Gráfico 4 muestra el nivel de CO₂ concentrado en la atmósfera desde 1979 hasta 2023, dado que el CO₂ liberado a la atmósfera permanece en ella.

Gráfico 4.

Concentración global de CO₂ en la atmósfera: la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera se mide en partes por millón (ppm) (de 1979 a 2025)⁷.



Fuentes: NOAA Global Monitoring Laboratory, 2025; Richier, Roser e Rosado (2020).

Al observar el Gráfico 4, se puede constatar que: (a) la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera aumentó de 336,85 ppm (partes por millón) en 1979 a 367,79 ppm en 1999; (b) en 2015, de los 12 meses, 8 alcanzaron la marca de 400 ppm; (c) en 2016, la marca de 400 ppm se mantuvo constante en todos los meses. El promedio anual de 2016 fue de 404,21 ppm; y (d) en 2024, el promedio anual fue de 422,80 ppm.

⁷ Textos del Gráfico 4, en traducción libre, Concentración global de CO₂ atmosférico
La concentración de dióxido de carbono (CO₂) atmosférico se mide en partes por millón (ppm). Promedio mensual
Promedio anual
Fuente de datos: Laboratorio Global de Monitoreo de la NOAA – Tendencias del Dióxido de Carbono Atmosférico (2025)
OurWorldinData.org/cambio-climático | CC BY
(Fechas: 15 de enero de 1979, 4 de septiembre de 1992, 18 de agosto de 2003, 31 de julio de 2014, 15 de abril de 2025.)

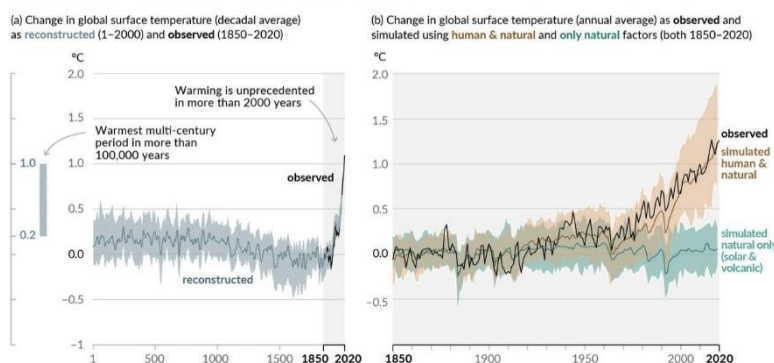
A partir de los gráficos anteriores, se puede observar que existe una correlación entre la Revolución Industrial y el consiguiente aumento de la población y sus consecuencias (aumento de la producción, aumento de las emisiones y concentración de CO₂ en la atmósfera). ¿Cómo se relaciona eso con el aumento de la temperatura?

Gráfico 5.

La influencia humana en el calentamiento de la temperatura de la Tierra en los últimos 2000 años⁸.

Human influence has warmed the climate at a rate that is unprecedented in at least the last 2000 years

Changes in global surface temperature relative to 1850–1900



Fuente: IPCC (2021, p. 6).

El Gráfico 5 muestra la variación climática desde el año 1 d. C. hasta 2020. Se puede observar que hay un cambio drástico a partir del siglo XX. El sombreado gris, entre los años 1 d. C. y 2020, es una reconstrucción basada en investigaciones paleoclimáticas. La línea negra, que va desde 1850 hasta 2020, proviene de observaciones directas. Teniendo en cuenta las simulaciones sin interferencia humana (sombreado verde), la tendencia era que la temperatura cambiara de forma similar a lo ocurrido en los años anteriores al siglo XX.

⁸ Textos del Gráfico 5, en traducción libre: La influencia humana ha calentado el clima a un ritmo sin precedentes al menos en los últimos 2000 años.

Cambios en la temperatura de la superficie global en relación con 1850-1900

Cambio en la temperatura de la superficie global (media decenal) según reconstruida (1-2000) y observada (1850-2020)

El calentamiento no tiene precedentes en más de 2000 años El período multisecular más cálido en más de 100 000 años Reconstruido

Observado

Cambio en la temperatura global de la superficie (media anual) según lo observado y simulado utilizando factores humanos, naturales y solo naturales (ambos de 1850 a 2020)

Simulado humano y natural

Simulado solo natural (solar y volcánico) Observado

Actualmente, se puede afirmar que el calentamiento provocado por el ser humano en la temperatura media global del aire en la superficie (global-mean surface air temperature – GSAT), entre los años 2010 y 2019, en comparación con los años 1850 a 1900, oscila entre 0,8 °C y 1,3 °C, siendo el calentamiento constatado de 0,9 °C a 1,2 °C, lo que significa que las fuerzas naturales actuaron solo entre -0,1 °C y +0,1 °C en la variación de la temperatura (Eyring et al., 2021).

Hasta mediados de la década de 1990, es probable que la destrucción provocada por el ser humano en la capa de ozono haya sido la principal responsable del calentamiento global. Sin embargo, en los últimos 30 años, la emisión de GEI es la principal responsable del cambio climático (Eyring et al., 2021).

Los GEI están formados por el ya mencionado dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), con 1.866 partes por mil millones (ppb) emitidas en 2019, y el óxido nitroso (N₂O), con 332 ppb emitidas en 2019. En 2019, las concentraciones de CO₂ en la atmósfera fueron las más altas de los últimos 2 millones de años, y las concentraciones de CH₄ y N₂O son las más altas de los últimos 800 000 años. Además, los aumentos en las concentraciones de CO₂ (47 %) y CH₄ (156 %), en comparación con 1750, son muy superiores a los cambios provocados naturalmente en los últimos 800 000 años. Las emisiones de GEI modifican las propiedades radiativas de la atmósfera, lo que provoca el calentamiento de la atmósfera (Lee; Romero, 2023).

Lo que se ha observado con el aumento medio de la temperatura global debido a la influencia humana es que se han producido fenómenos climáticos extremos, como olas de calor, grandes precipitaciones, sequías y ciclones tropicales (Lee; Romero, 2023).

a) La frecuencia de las olas de calor extremo aumentó a partir de la década de 1950, mientras que la frecuencia de las olas de frío extremo disminuyó. También se produjo un aumento de las olas de calor marino a partir de la década de 1980.

b) El número y la intensidad de las precipitaciones aumentaron a partir de la década de 1950 en varias partes del mundo, como en el sur de Asia, el este de

Asia y África occidental, mientras que en otros lugares se produjo un aumento de las sequías.

c) En las últimas cuatro décadas, se ha producido un aumento de los ciclones tropicales de categorías 3, 4 y 5, además de una mayor incidencia en lugares que tenían menos frecuencia de ciclones.

d) Las sequías, los incendios y las inundaciones también han aumentado en varias localidades (Lee; Romero, 2023).

Como ha quedado claro, es un hecho que los seres humanos han alterado el clima de una manera que nunca antes se había producido en la historia de la humanidad. Una pregunta que se debe plantearnos ahora es: ¿qué repercusiones económicas tiene el cambio climático?

3 IMPACTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

En las últimas décadas, los científicos han perfeccionado los estudios climáticos mediante modelos climáticos en computadoras de última generación. En ese sentido, los teóricos trabajan con estimaciones sobre el calentamiento hasta finales del siglo XXI, que pasan por suposiciones sobre la cantidad de CO₂ que la humanidad emitirá a la atmósfera durante las próximas décadas. Dichas estimaciones varían entre 1,0 y 4 °C (IPCC, 2021).

Las investigaciones sobre los impactos económicos del calentamiento global, que provoca el cambio climático, son complejas por dos motivos: (a) el cambio climático es global, pero está causado por daños locales, difíciles de medir; y (b) los GEI, al permanecer en la atmósfera durante mucho tiempo, tienen efectos a largo plazo (Auffhammer, 2018).

Es importante comprender los efectos económicos del cambio climático para el uso práctico de las decisiones políticas y para los investigadores. Las decisiones políticas se toman a menudo basándose en información inconsistente e incluso falsa en lo que respecta a los efectos de las emisiones de GEI. Las ciencias económicas desempeñan un papel fundamental en este proceso de comprensión, al explicar los beneficios y los costes de nuevas formas de acción (Carleton et al., 2022). Para verificar los impactos económicos del cambio climático, es necesario suponer cómo quedará la economía tras los cambios climáticos. Dichos cambios pueden ser extensivos, es decir, presentes en varios sectores, o intensivos, que son acciones más frecuentes. Un investigador tendrá en cuenta dos cuestiones (contra-factuales) fundamentales: (1) ¿Cómo será el clima en el futuro?; y (2) ¿Cómo será la reacción ante un daño climático? (Auffhammer, 2018).

Dada la dificultad de abordar la cuestión del clima futuro, ya que los niveles de GEI emitidos a la atmósfera son inciertos a largo plazo, el investigador recurre a modelos computacionales (global circulation models – GCM; modelos de circulación global), que presentarán diferentes escenarios de emisiones de GEI y de cambios causados por cada uno de esos escenarios. En el caso de la reacción ante un daño climático, será necesario suponer cómo reaccionarán los individuos ante determinadas variaciones meteorológicas (Auffhammer, 2018).

Una de esas suposiciones se refiere a la relación entre el cambio climático y la mortalidad resultante de dichos cambios. Carleton et al. (2022) estimaron la mortalidad y la temperatura en determinadas edades, utilizando datos estadísticos recopilados en 40 países, que abarcan el 38 % de la población mundial. A partir de un modelo económico, los autores establecieron la relación entre temperatura y mortalidad para todas las regiones del planeta. La investigación muestra que las temperaturas muy bajas o muy altas aumentan la tasa de mortalidad, especialmente entre las personas mayores de 65 años. También muestra, basándose en la relación entre las previsiones climáticas futuras, el rendimiento y la población, la proyección del riesgo futuro de mortalidad debido al cambio climático.

Para realizar las proyecciones, Carleton et al. (2022) dividieron la superficie de la Tierra en 24 378 regiones y, para cada una de ellas, proyectaron los daños derivados del cambio climático. Además, se utilizó un conjunto de 21 proyecciones climáticas globales realizadas por la NASA Earth Exchange (NEX), que proporcionó datos diarios de temperatura y precipitación hasta el año 2100. Las proyecciones se basaron en dos escenarios de emisiones estandarizados⁹: (a) Representative Concentration Pathways 4.5 (Rutas de Concentración Representativas 4.5), conocidas como RCP 4.5, que representan un escenario de estabilización de las emisiones de combustibles fósiles; y (b) Representative Concentration Pathways 8.5 (Rutas de Concentración Representativas 8.5), o RCP 8.5, que ilustra un escenario con un gran crecimiento de las emisiones de combustibles fósiles.

Otro dato utilizado fue el Shared Socioeconomic Pathways (SSP; Trayectorias socioeconómicas compartidas)¹⁰, que describe posibles escenarios de desarrollo

⁹ El escenario RCP (Representative Concentration Pathways) ilustra escenarios con niveles de concentración de emisiones de combustibles fósiles. Para ver los niveles, consulte IPCC (2014).

¹⁰ Para ver los escenarios SSP, véase IPCC (2021).

socioeconómico a lo largo del siglo XXI. Se tuvieron en cuenta el SSP2, el SSP3 y el SSP4, que producen escenarios que se sitúan entre el RCP4.5 y el RCP8.5 (Carleton et al., 2022).

Para las previsiones de crecimiento demográfico, se utilizaron los datos del 9 El escenario RCP (Representative Concentration Pathways) ilustra escenarios con niveles de concentración de emisiones de combustibles fósiles. Para ver los niveles, consulte IPCC (2014). 10 Para ver los escenarios SSP, véase IPCC (2021).

International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA; Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados), además de las proyecciones demográficas nacionales, que se basan en la distribución de la población dentro de los países a partir de imágenes satelitales. Las proyecciones del ingreso nacional per cápita, por su parte, también se basan en el SSP, que utiliza los datos del IIASA y el modelo de crecimiento de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (Carleton et al., 2022).

La investigación utilizó el value of a statistical life (VSL, por sus siglas en inglés) para proyectar, en dólares, el equivalente anual al valor perdido de una vida aniquilada como consecuencia del cambio climático, teniendo en cuenta los años de vida esperados y los ingresos de cada región. La base fue el valor de 10,95 millones (dólares estadounidenses de 2019), proyectado por la Environmental Protection Agency (EPA) (Agencia de Protección Ambiental), ajustado a cada realidad nacional (Carleton et al., 2022).

En un primer momento, se buscó la sensibilidad a la variación de temperatura, basándose en la tasa de mortalidad para edades superiores a 64 años, tomando como base los ingresos y el clima para los modelos aplicados al año 2015. El estudio tuvo en cuenta países con datos de mortalidad y países basados en estimaciones, incluidos aquellos sin datos de mortalidad. Se calculó el número de muertes por cada región en un día con una temperatura de 35 °C. La mortalidad prevista fue mayor en localidades con climas más fríos y con menores ingresos. La media global de la tasa de mortalidad fue de 10,1 muertes por cada 100 000 habitantes (11,7 muertes por cada 100 000 habitantes en países sin datos de mortalidad y 7,8 muertes en países con datos de mortalidad) (Carleton et al., 2022).

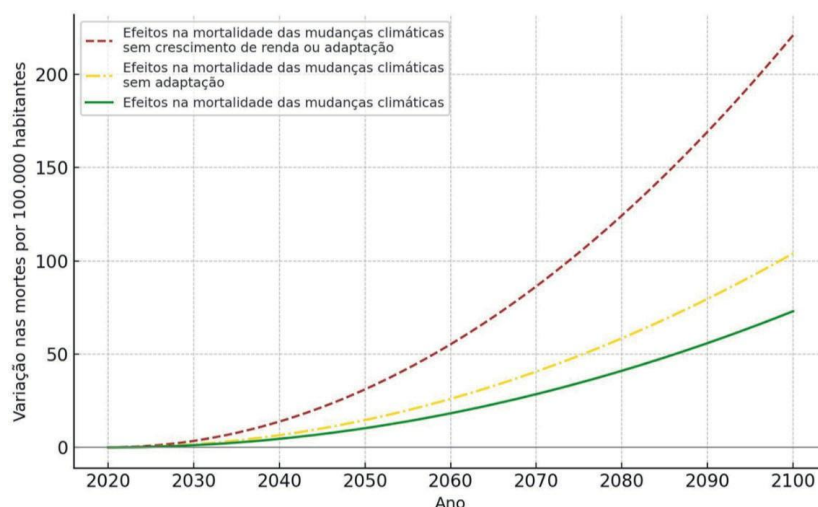
En otro momento, se buscaron los efectos de la mortalidad del cambio climático en 2100, en el peor de los escenarios climáticos (RCP8.5). El modelo consideró las proyecciones de ingresos y población, inferidas a partir de las tasas de crecimiento

económico (PIB per cápita) y demográfico, de los años 2000 a 2018. Las estimaciones se basaron en un modelo basado en los beneficios de la adaptación y en el crecimiento de los ingresos. Los datos ilustran que las muertes causadas por el cambio climático se producirán de forma desigual en el mundo, con una mayor mortalidad en las regiones más cálidas y más pobres. Es curioso observar que, en las regiones más frías, la tasa de mortalidad prevista, debida al clima, disminuirá, ya que los días de temperaturas muy bajas se reducirán considerablemente (Carleton et al., 2022).

En una tercera situación, Carleton et al. (2022) ilustraron la variación en las muertes atribuidas a los efectos del cambio climático (por cada 100 000 habitantes) a lo largo del tiempo, considerando diferentes escenarios, representados en el gráfico 6, cuyo eje vertical mide el cambio en las muertes por cada 100 000 habitantes y el eje horizontal, el año (2020–2100).

Gráfico 6.

Serie temporal de los efectos previstos del cambio climático en la mortalidad¹¹.



Fuente: elaborado por los autores a partir de información de Carleton et al. (2022).

La línea roja discontinua representa un escenario pesimista, sin crecimiento económico ni medidas de adaptación, que da lugar, entre las posibilidades presentadas, al

¹¹ Textos del Gráfico 6, en traducción libre: Efectos en la mortalidad de los cambios climáticos sin crecimiento de ingresos ni adaptación

Efectos en la mortalidad de los cambios climáticos sin adaptación Efectos en la mortalidad de los cambios climáticos

Variación en las muertes por cada 100.000 habitantes Año

(Las fechas en el eje horizontal permanecen iguales: 2020, 2030, 2040, 2050, 2060, 2070, 2080, 2090, 2100.)

mayor número de muertes debido al cambio climático, con un total de 221 muertes por cada 100 000 habitantes en 2100. La línea amarilla discontinua-punteada considera el crecimiento económico, pero sin adaptaciones, lo que da como resultado 104 muertes por cada 100 000 habitantes en 2100. La línea verde continua incluye tanto el crecimiento económico como las medidas de adaptación, y presenta el menor aumento de la mortalidad en 2100: 73 muertes por cada 100 000 habitantes, lo que sigue siendo un número significativo de muertes.

A pesar del crecimiento económico y las adaptaciones al cambio climático, sin una reducción efectiva de las emisiones de CO² en las próximas décadas, los cambios climáticos provocados por el ser humano tendrán un impacto significativo en la mortalidad global a lo largo de las próximas eras.

Carleton et al. (2022) indican que la monetización de la mortalidad debida al cambio climático, en el peor de los escenarios (RCP8.5), equivaldría al 3,2 % del PIB mundial en 2100, cayendo al 0,6 % del PIB mundial si se redujeran las emisiones de GEI en los próximos años (RCP4.5). Los investigadores destacaron, como ya se vio en Auffhammer (2018), que es difícil proyectar con exactitud los impactos, dados los factores que pueden variar a lo largo del siglo XXI, tales como la política, el avance tecnológico y la demografía. Sin embargo, al adaptarse a otros escenarios, manteniendo el nivel de emisiones, se constató una pérdida económica considerable en todas las nuevas posibilidades.

Al estimar los impactos por diferentes regiones, Carleton et al. (2022) observaron una variación considerable entre ellas. En la peor de las estimaciones (RCP8.5), China tendría pérdidas estimadas del 1,9 % del PIB, Estados Unidos del 1,0 %, India del 6,0 %, Pakistán del 27,5 %, Bangladesh del 18,5 %, Europa del 0,1 % y África subsahariana del 8,4 %. En cuanto a la mortalidad causada por el cambio climático, China tendría 1,4 muertes por cada 100 000 habitantes, Estados Unidos, -0,2 muertes, India, 60,6 muertes, Pakistán, 322,4 muertes, Bangladesh, 213,8 muertes, Europa, -95,5 muertes y África subsahariana, 121,3 muertes por cada 100 000 habitantes.

Por último, Carleton et al. (2022) destacaron tres dificultades que aún persisten en la investigación presentada sobre el cambio climático: (a) la migración, ya que la investigación no puede predecir posibles oleadas migratorias debidas al cambio climático, a pesar de que los hechos demuestran que los países tienen dificultades para gestionar y aceptar a un gran número de migrantes; (b) el papel de la humedad en las relaciones

históricas entre mortalidad y temperatura, ya que, a pesar de las pruebas de que la humedad influye en la salud humana, no hay muchas investigaciones que correlacionen la humedad con el cambio climático y, por lo tanto, su papel en las previsiones de mortalidad derivadas del cambio climático; y (c) el papel exacto de los avances tecnológicos en relación con la capacidad de adaptación al cambio climático, que pueden reducir los costes de los bienes que se utilizan para hacer frente a los cambios climáticos.

A pesar de las dificultades para obtener un pronóstico exacto de los cambios climáticos antropogénicos, hay fuertes indicios de que el cambio climático causará daños económicos, sociales y existenciales a las generaciones futuras.

4 CAMBIOS CLIMÁTICOS E IMPLICACIONES JURÍDICAS EN EL CONTEXTO BRASILEÑO

Como bien señalan Reis, Kokke y Couto (2022), el Derecho Ambiental es inter y transdisciplinario por excelencia, lo que justifica la primera parte de este artículo y la transición a las reflexiones sobre el panorama jurídico brasileño en relación con los cambios climáticos.

Los cambios climáticos son únicos en cuanto a sus impactos. Primero, porque implican la producción de efectos nocivos que no pueden restringirse territorial o temporalmente. Los cambios climáticos en el bioma amazónico no solo afectan a la Amazonía, sino que repercuten en todo Brasil, en Sudamérica y a nivel mundial. Además, el efecto es transgeneracional, en el sentido de que afecta no solo a las generaciones actuales, sino principalmente a las generaciones futuras. Los daños climáticos implican un pasivo ambiental intergeneracional que compromete la calidad de vida de las generaciones actuales y también repercute en la propia subsistencia económica en el futuro.

Por otro lado, ignorar los efectos ambientales nocivos entre generaciones es provocar situaciones de crisis y confrontaciones futuras en los niveles de justicia distributiva. La crisis se agudiza en relación con los bienes compartidos (o que se pretende compartir) por los convivientes de las generaciones venideras, lo que engloba crisis entre Estados o comunidades políticas entonces existentes, desde emigraciones y refugiados por razones ambientales hasta desenlaces bélicos por el predominio sobre los bienes ambientales necesarios para la vida.

En tal grado de crisis, es previsible que se agudicen los desequilibrios entre países ricos y pobres, como advierte Brown-Weiss (2008, p. 622, traducción libre) en relación con los efectos del cambio climático, ya que “el cambio climático reforzará las divisiones económicas que ya existen entre los países, ya que algunos países tendrán una mayor capacidad de adaptación que otros”¹².

Los efectos climáticos nocivos afectan a la fauna y la flora, al paisaje y a la estructura hídrica, a la producción de alimentos y a la biodiversidad. Las variaciones en las temperaturas globales están relacionadas con desastres ambientales, inundaciones, olas de calor devastadoras, sequías y desequilibrios de diversa índole. En ese sentido, Garbaccio, Bandeira y D’Isep (2018) sitúan el clima como un patrimonio común de la humanidad, lo que lleva a evaluar las responsabilidades y la reparación por los daños que se le causan. La coyuntura de riesgo y efectos negativos del cambio climático implica la apertura de litigios propios, de acciones judiciales que tratan directa o indirectamente sobre los daños al clima, configurado como un bien jurídico propio.

El Supremo Tribunal Federal (STF), en varios casos, entre los que destaca el ADC 42, ya ha admitido, tanto desde el punto de vista normativo como desde el punto de vista fáctico y científico, la implicación antropogénica en la desestabilización del clima, con acciones y omisiones que afectan al equilibrio ecosistémico y provocan disfunciones climáticas (Brasil, 2019). Por su parte, el Superior Tribunal de Justicia (STJ) reconoció incluso el cambio climático como un tema ya interiorizado por el derecho positivo y, en consecuencia, entendió el clima como un bien jurídico difuso:

9. Es deber de todos, propietarios o no, velar por la preservación de los manglares, una necesidad cada vez mayor, sobre todo en tiempos de cambio climático y aumento del nivel del mar. Destruirlos para su uso económico directo, bajo el incentivo permanente de las ganancias fáciles y los beneficios a corto plazo, drenarlos o rellenarlos para la especulación inmobiliaria o la explotación del suelo, o convertirlos en vertederos de basura, constituye una grave ofensa al medio ambiente ecológicamente equilibrado y al bienestar de la colectividad, comportamiento que debe ser reprimido y sancionado de manera inmediata y enérgica por la Administración y el Poder Judicial¹³ (Brasil, 2007, p. 3, traducción libre).

¹² Del original: “climate change will strengthen the economic divisions which already exist between countries, since some countries will have a greater capacity to adapt than will others”.

¹³ Del original: “9. É dever de todos, proprietários ou não, zelar pela preservação dos manguezais, necessidade cada vez maior, sobretudo em época de mudanças climáticas e aumento do nível do mar. Destruí-los para uso econômico direto, sob o permanente incentivo do lucro fácil e de benefícios de curto prazo, drená-los ou aterrá-los para a especulação imobiliária ou exploração do solo, ou transformá-los em

Se aplica aquí la disposición constitucional expresa de protección del medio ambiente ecológicamente equilibrado y la preservación y restauración de los procesos ecológicos esenciales, previstos como derecho fundamental en el art. 225 de la Constitución de la República Federativa de Brasil (CRFB; Brasil, 1988). Los contornos del daño climático son diversos y propios, lo que da lugar a una nueva pretensión de reparación del daño ambiental, específicamente relacionada con el clima. Los daños ambientales climáticos son acumulativos, ya que se suman continuamente en su producción y escala de efectos, y también parecen ser sinérgicos, ya que las conductas perjudiciales no son solo una suma, sino la producción de una síntesis de efectos que dan lugar a consecuencias imprevisibles y difíciles de revertir, cuando no desembocan en la irreversibilidad.

En ese sentido y en ese escenario, el litigio climático se presenta como una postulación de responsabilidad por daños ambientales específicos y se caracteriza por buscar que los emisores ilegales de GEI sean condenados a interiorizar la externalidad negativa que han producido en detrimento de la sociedad. El litigio climático tiene por objeto atribuir la responsabilidad de la reparación individualizada debido a la contribución ilegítima del agente al amplio y complejo escenario de daño ambiental que se presenta.

El litigio climático avanza con un impulso sin igual en el panorama jurídico mundial, teniendo en cuenta que la calidad medioambiental y el deber de equidad intergeneracional se consideran un derecho que deben proteger los Estados y la sociedad en su conjunto. En ese sentido, se han adelantado las convenciones internacionales y las leyes internas. Aquellos que provocan, de manera desmesurada o ilegítima, una actividad que resulte en una fuente adicional ilegal de emisión de GEI deben responder por el daño climático, asumiendo individualmente y en la proporción estimada de su contribución la reparación del estado de desequilibrio ambiental al que han contribuido.

El litigio climático se basa en los fundamentos de la justicia ambiental, cuyo objetivo es atribuir una responsabilidad específica de reparación ante daños complejos, teniendo en cuenta la importancia de las acciones ilícitas que afectan a los ecosistemas a

depósito de lixo caracterizam ofensa grave ao meio ambiente ecologicamente equilibrado e ao bem-estar da coletividade, comportamento que deve ser pronta e energicamente coibido e apenado pela Administração e pelo Judiciário”.

partir del clima. Gabriel Wedy, en un artículo publicado en la Columbia Law School, destaca el ámbito de aplicación del litigio climático en Brasil:

En ese contexto, se puede observar que existe un litigio climático reciente y aún frágil en Brasil. Es importante mencionar que la Ley n. 12.187/2009, que instituyó la Política Nacional sobre Cambio Climático, con imperfecciones y abstracciones, es un avance considerable como hito en la lucha contra el cambio climático y el calentamiento global.¹⁷ Dicha ley incorpora claramente el concepto de tratados y acuerdos internacionales de protección ambiental, lo que es, de hecho, extremadamente positivo. La legislación está regulada por el Decreto 7.390/2010, que establece, entre otras cuestiones importantes, que la línea de base de emisiones de gases de efecto invernadero para 2020 se estima en 3.236 GtCO₂-eq. Así, la reducción absoluta correspondiente se estableció entre 1.168 Gt-CO₂-eq y 1.259 GtCO₂-eq, lo que supone una reducción de las emisiones del 36,1 % y del 38,9 %, respectivamente¹⁴ (Wedy, 2017, p. 23, traducción libre).

En ese sentido, las generaciones de GEI que se configuran como fuentes ilícitas de emisión conllevan la responsabilidad directa de los responsables de las emisiones, medida en función de las emisiones y su representación, según el coste social del carbono. La responsabilidad civil presenta una connotación y una conformación propias, a lo que

No existe duda de que actos ilícitos como las quemaduras, la deforestación o las emisiones contaminantes, todos ellos generadores de gases de efecto invernadero, pueden ser objeto de litigios climáticos iniciados mediante la interposición de acciones civiles públicas o acciones populares climáticas¹⁵ (Kokke; Wedy, 2021, p. 53, traducción libre).

Los litigios climáticos se definen por las emisiones ilícitas o perjudiciales de GEI, cuya valoración reparatoria se realiza mediante la estimación del coste social del carbono medido por la cantidad que ha sido objeto de emisión.

¹⁴ Del original: “In such context, it is possible to see that there is recent and still fragile climate litigation in Brazil. It is important to mention that the Act 12.187/2009, which instituted the National Policy on Climate Change, with imperfections and abstractions, is a considerable progress as a milestone in fighting climate change and global warming.¹⁷ This act clearly incorporates the concept of international treaties and agreements on environmental protection, which is, in fact, extremely positive. The legislation is regulated by the Decree 7.390/2010, which provides, amongst other important issues, the baseline of emissions of greenhouse gases for 2020 to be estimated in 3.236 GtCO₂-eq. Thus, the corresponding absolute reduction was established between 1.168 Gt-CO₂-eq and 1.259 GtCO₂-eq, 36.1% and 38.9% emission decrease, respectively”.

¹⁵ Del original: “Não existe dúvida que atos ilícitos como queimaduras, desmatamentos ou emissões de poluentes, todos geradores de emissões de gases de efeito estufa, podem ser objeto de litígios climáticos instaurados com o ajuizamento de ações civis públicas ou ações populares climáticas”

Además, hay que tener en cuenta que los litigios climáticos tienen aspectos presupuestarios, ya que cada vez se exigirán más recursos al Estado para responder a los desastres medioambientales y a las situaciones de exclusión en las que han contribuido los contaminadores que se han destacado por un plus de explotación ilegítima de los recursos naturales. Los litigios climáticos son un tema mundial.

Las victorias en litigios climáticos tampoco son una quimera. La reciente decisión de la Corte Suprema de los Estados Unidos en Massachusetts contra la EPA, que obligará a la EPA a revisar si debe regular el carbono bajo el Clean Air Act, es la victoria climática más conocida. Al hacerlo, la Corte Suprema concluyó que el riesgo de aumento del nivel del mar alegado por los demandantes era lo suficientemente “real” como para dar a Massachusetts legitimidad para presentar su reclamación basada en el cambio climático. Otros tribunales en EEUU y Australia, por ejemplo, han ampliado la legitimidad a partes privadas que presionan con reclamaciones sobre el cambio climático. Las victorias sustantivas significativas también exigieron, por ejemplo, la evaluación de los impactos climáticos en la autorización de actividades emisoras de gases de efecto invernadero, en las decisiones para proporcionar financiación y en los requisitos para reducir la quema de gas asociada a las refinerías de petróleo. Es probable que estas victorias sean solo la punta del iceberg del litigio, pero, se ganen o se pierdan, las estrategias de litigio climático han marcado una nueva era en la política climática¹⁶ (Hunter, 2008, p. 18-19, traducción libre).

El daño climático está vinculado a la fuente emisora y a la proporción de difusión en términos de GEI, además del compromiso de las vías de fijación del carbono en su ciclo de almacenamiento en el ecosistema. Rosa (2023) configura el daño climático en particular en cuanto a la posibilidad actual de identificación de la fuente, el nexo de causalidad y la responsabilidad por el daño climático. En ese sentido, “el daño climático directo es, por lo tanto, el resultado de una suma individualizable de emisiones y supresiones de sumideros”¹⁷ (Rosa, 2023, p. 378, traducción libre).

¹⁶ Del original: “Nor are victories in climate litigation a chimera. The recent U.S. Supreme Court decision in Massachusetts v. EPA, which will force EPA to revisit whether to regulate carbon under the Clean Air Act, is the most well known climate victory. In so doing, the Supreme Court found that the risk of rising sea levels alleged by the plaintiffs was sufficiently “real” to afford Massachusetts standing to raise its climate change-based claim. Other courts in the US and Australia, for example, have extended standing to private parties pressing climate change claims. Significant substantive victories have also required, for example, the assessment of climate impacts in the permitting of greenhouse gas emitting activities, in decisions to provide financing, and in requirements to reduce gas flaring associated with oil refineries. These victories are likely just the tip of the litigation iceberg, but win or lose, climate litigation strategies have harkened in a new era of climate politics”.

¹⁷ Del original: “O dano climático direto é, por conseguinte, o resultado de um somatório individualizável de emissões e de supressões de sumidouros”.

El litigio climático exige, por lo tanto, un nuevo paradigma de percepción, que tenga en cuenta la contribución de los actos aislados como parte integrante de efectos complejos en la escala del equilibrio de las funciones ecológicas y la calidad ambiental. En concreto, en relación con la presente acción, su objetivo es reparar el daño climático provocado por intervenciones ilegales en áreas protegidas ambientalmente.

El cambio climático, desde el punto de vista jurídico, es una expresión normativa establecida. Se trata de una cuestión fijada que no está sujeta a discusiones sobre su justificación y mucho menos a debates sobre su existencia. El cambio climático está establecido normativamente, y su aplicación se evalúa a partir de la Ley n. 12.187/2009, que instituye la Política Nacional sobre Cambio Climático (PNMC; Brasil, 2009). Se trata, por lo tanto, de una primacía jurídica establecida, ajena a cuestionamientos, ya que ello equivaldría a cuestionar la propia validez y eficacia de una norma legítimamente establecida.

El cambio climático no es una hipótesis, es un punto de partida ya reconocido por la legislación brasileña, por lo que el discurso de aplicación debe partir de este punto para evaluar el marco normativo. El art. 2, VIII, de la Ley n. 12.187/2009 define el cambio climático como “cambio climático que puede atribuirse directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma al provocado por la variabilidad climática natural observada a lo largo de períodos comparables”¹⁸ (Brasil, 2009, traducción libre). Al asociar e identificar el panorama del daño climático, se llega a la conclusión de que los responsables de las fuentes de emisión irregular de GEI deben rendir cuentas por los efectos en la biomasa y el desequilibrio climático que su actividad antrópica ha provocado.

5 CONCLUSIÓN

Inicialmente, este artículo definió el cambio climático y el calentamiento global. Mediante el análisis de gráficos, mostró la correlación entre el aumento de la población mundial, el aumento de la riqueza mundial, el aumento de las emisiones globales de CO₂ a la atmósfera, el aumento de la concentración global de CO₂ en la atmósfera y el aumento acelerado de la temperatura media global, poniendo de manifiesto la aceleración

¹⁸ Del original: “mudança de clima que possa ser direta ou indiretamente atribuída à atividade humana que altere a composição da atmosfera mundial e que se some àquela provocada pela variabilidade.

del calentamiento global debido a la interferencia humana. El texto también se basó en pruebas científicas que muestran cómo esta interferencia humana ha provocado cambios significativos en los últimos 150 años en relación con el clima.

Una vez constatada la interferencia humana en los cambios climáticos actuales, el texto trató de disertar sobre los impactos económicos de los cambios climáticos provocados por acciones antropogénicas, deteniéndose en el ejemplo de la influencia de los cambios climáticos en el nivel de mortalidad mundial hasta el año 2100.

Por lo tanto, la investigación mostró la evidencia de la interferencia humana en el cambio climático y, a través de ejemplos, cómo la sociedad sufrirá impactos económicos cada vez más significativos a lo largo del siglo XXI. A partir de los indicadores mostrados, se pueden presentar a los gestores públicos medios eficaces para mitigar la dramática situación en la que se encuentra la humanidad. Por otro lado, las repercusiones y las implicaciones relativas al cambio climático alcanzan y determinan litigios específicos.

Los litigios climáticos tienen como fundamento la ocurrencia de daños climáticos, es decir, acciones de emisión ilícita o ilegítima de GEI que contribuyen al cambio climático. Además, las acciones ilícitas que impliquen la supresión ilegal o ilegítima de sumideros de carbono también conllevan responsabilidad por daños climáticos, ya que, en última instancia, impiden o perjudican el ejercicio de los recursos ecosistémicos de regulación del clima.

La categorización jurídica de los daños climáticos es una implicación normativa directa, que atrae la responsabilidad civil reparadora a los agentes que, independientemente de la culpa, actuaron con causalidad en la emisión de GEI a partir de prácticas ilícitas. La valoración de la responsabilidad, de forma individualizada, también puede obtenerse, concretando todos los factores que determinan el litigio y las implicaciones reparadoras. La evaluación se realiza mediante la estimación de los GEI emitidos de forma ilícita o ilegítima, valorados según el coste social del carbono y teniendo en cuenta las reservas de carbono afectadas.

En el litigio climático no existe una restricción o delimitación que lo confunda con el litigio ambiental clásico, relativo a la reparación del área afectada. El daño climático va más allá del daño ambiental material, ya que implica efectos sobre el ecosistema en su conjunto, derivados de las emisiones de GEI en su contenido acumulativo y sinérgico. Las repercusiones económicas y socioeconómicas, además de

las implicaciones sobre la propia existencia humana descritas y argumentadas a lo largo de este artículo, demuestran el grado de autonomía e implicación propio de los daños climáticos, lo que respalda jurídica y técnicamente las demandas de reparación para la imputación individualizada de responsabilidades.

REFERENCIAS

- AUFFHAMMER, M. Quantifying economic damages from climate change. *Journal of Economic Perspectives*, v. 32, n. 4, p. 33-52, 2018. Disponible en: <https://pubs.aeaweb.org/doi/pdfplus/10.1257/jep.32.4.33>. Acceso: 15 de octubre. 2023.
- BRASIL. [Constituição (1988)]. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponible en: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acceso: 11 de agosto. 2025.
- BRASIL. Lei n. 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC e dá outras providências. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, p. 109, 29 dez. 2009. Disponible en: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm. Acceso: 11 de agosto. 2025.
- BRASIL. Supremo Tribunal Federal. Ação Declaratória de Constitucionalidade n. 42. Rel. Min. Luiz Fux, Tribunal Pleno, julgado em 28 fev. 2018. *Diário da Justiça Eletrônico*, Brasília, DF, n. 175, publ. 13 ago. 2019. Disponible en: <https://pesquisadje-api.tjdft.jus.br/v1/diarios/pdf/2019/154.pdf#page=0>. Acceso: 11 de agosto. 2025.
- BRASIL. Supremo Tribunal de Justiça. Recurso Especial 650.728/SC. Processual civil e ambiental. Natureza jurídica dos manguezais e marismas. Terrenos de marinha. Área de preservação permanente. Aterro ilegal de lixo. Dano ambiental. Responsabilidade civil objetiva. Obrigação propter rem.
- Nexo de causalidade. Ausência de prequestionamento. Papel do juiz na implementação da legislação ambiental. Ativismo judicial. Mudanças climáticas. Desafetação ou desclassificação jurídica tácita. Súmula 282/STF. Violação do art. 397 do CPC não configurada. Art. 14, § 1º, da Lei 6.938/1981. Recorrente: H Carlos Schneider s/a Comércio e Indústria e outro. Recorrido: Ministério Público Federal. Relator Min. Herman Benjamin, 23 de outubro de 2007. Disponible en: <https://www.stj.jus.br/websecstj/cgi/revista/REJ.cgi/ATC?seq=3463400&tipo=0&nreg=&SeqCgrm=aSessao=&CodigoOrgaoJgdr=&dt=&formato=PDF&salvar=false>. Acceso: 11 de agosto. 2025.
- BROWN-WEISS, E. Climate change, intergenerational equity, and international law. *Vermont Journal of Environmental Law*, Vermont, v. 9, p. 615-627, 2008. Disponible en: <https://scholarship.law.georgetown.edu/cgi/viewcontent.cgi?params=/context/facpub/article/2637&pa>

th_info=Clima- te_change_Intergenerational_Equality_and_Intl_Law.pdf. Acceso: 11 de agosto. 2025.

- CARLETON, T. et al. Valuing the global mortality consequences of climate change accounting for adaptation costs and benefits. *The Quarterly Journal of Economics*, v. 137, n. 4, p. 2037-2105, nov. 2022. Disponible en: <https://academic.oup.com/qje/article/137/4/2037/6571943>. Acceso: 15 de octubre. 2023.
- EYRING, V. et al. Human influence on the climate system. In: MASSON-DELMOTTE, V. et al. (ed.). *Climate change 2021: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2021. p. 423-552. Disponible en: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Chapter03.pdf. Acceso: 25 de octubre. 2023.
- GALOR, O. *A jornada da humanidade: as origens da riqueza e da desigualdade*. Tradução Antenor Savold Jr. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2023.
- GARBACCIO, G.; BANDEIRA, G. N. C. S. M.; D'ISEP, C. F. M. Climat: un patrimoine commun de l'humanité. *Revista Jurídica – UNICURITIBA*, Curitiba, v. 1, n. 50, p. 147-184, 2018. Disponible en: <http://revista.unicuritiba.edu.br/index.php/RevJur/article/view/2567/371371372>. Acceso: 11 de octubre. 2024.
- GLOBAL GDP over the long run. *Our World In Data*, 2024. Disponible en: <https://ourworldindata.org/grapher/global-gdp-over-the-long-run?time=earliest.2023#sources-and-processing>. Acceso: 9 de agosto. 2025.
- HISTORICAL GHC emissions. *Climate Watch*, 2021. Disponible en: https://www.climatewatch-data.org/ghg-emissions?chartType=area&end_year=2018&start_year=1990. Acceso: 15 de octubre. 2023.
- HUNTER, D. B. The implications of climate change litigation for international environmental law-making. *American University Washington College of Law, Washington College of Law Research Paper*, n. 2008-14, 2008. Disponible en: <http://ssrn.com/abstract=1005345>. Acceso: 11 de agosto. 2025.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Summary for policymakers. In: EDENHOFER, O. R. et al. *Climate change 2014: mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_summary-for-policymakers.pdf. Acceso: 26 de noviembre. 2023.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Summary for policymakers. In: MASSON-DELMOTTE, V. et al. (ed.). *Climate change 2021: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2021. p. 3-32. Disponible en: <https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/8E7A4E3AE6C364220F3B76A189CC-4D4C/stamped->

- 9781009157889pre2_3-32.pdf/summary-for-policymakers.pdf. Acesso: 19 de novembro. 2023.
- KOKKE, M.; WEDY, G. Litigância climática no plano internacional: análises comparativas. *Revista dos Tribunais*, São Paulo, v. 110, n. 1023, p. 39-58, jan. 2021.
- LEE, H.; ROMERO, J. (ed.). *Climate change 2023: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: IPCC, 2023. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf. Acesso: 16 de novembro. 2023.
- MATHIEU, E.; RODÉS-GUIRAO, L. What are the sources for Our World in Data's population estimates? *Our World In Data*, 2022. Disponível em: <https://ourworldindata.org/population-sources>. Acesso: 15 de outubro. 2023.
- NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. About us. Disponível em: <https://www.nationalacademies.org/about>. Acesso: 20 de novembro. 2023.
- NOAA GLOBAL MONITORING LABORATORY. Global atmospheric CO₂ concentration. *Our World In Data*, 2025. Disponível em: <https://ourworldindata.org/grapher/global-co2-concentration>. Acesso: 9 de agosto. 2025.
- REIS, E. M. B.; KOKKE, M.; COUTO, M. J. Aplicação interdisciplinar e transdisciplinar nos espaços administrativos decisórios em matéria ambiental. *Veredas do Direito*, Belo Horizonte, v. 19, n. 44, p. 153-181, maio/ago. 2022. Disponível em: <http://www.domhelder.edu.br/revista/index.php/veredas/article/view/2315>. Acesso: 10 de março. 2025.
- RICHIER, H.; ROSER, M.; ROSADO, P. CO₂ and greenhouse gas emissions. *Our World In Data*, 2020. Disponível em: <https://ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions>. Acesso: 9 de agosto. 2023.
- ROSA, R. S. M. *Dano climático: conceito, pressupostos e responsabilização*. São Paulo: Tirant lo Blanch, 2023.
- ROSER, M. et al. *Economic growth*. *Our World In Data*, 2023. Disponível em: <https://ourworldindata.org/economic-growth>. Acesso: 9 de agosto. 2023.
- UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. Fact sheet: climate change science – the status of climate change science today. Bonn: UNFCCC, 2011. Disponível em: https://unfccc.int/files/press/backgrounders/application/pdf/press_factsh_science.pdf. Acesso: 25 de outubro. 2023.
- WEDY, G. *Climate legislation and litigation in Brazil*. New York: Sabin Center for Climate Change Law, 2017. Disponível em:

<http://columbiaclimatelaw.com/files/2017/10/Wedy-2017-10-Clima-te-Legislation-and-Litigation-in-Brazil.pdf>. Acceso: 11 de agosto. 2025.

SOBRE LOS AUTORES

Émilien Vilas Boas Reis

Posdoctorado en Filosofía por la Faculdade de Letras da Universidade do Porto (FLUP), Porto, Portugal. Doctorado en Filosofía por la Pontificia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), Porto Alegre/RS, Brasil. Maestría en Filosofía por la PUCRS. Especialización en Medio Ambiente y Sostenibilidad por la Fundação Getúlio Vargas (FGV), Rio de Janeiro/RJ, Brasil. Licenciatura en Filosofía por la Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Licenciatura en Economía por la FUMEC, Belo Horizonte/MG, Brasil. Profesor adjunto, en nivel de grado y posgrado (Maestría/Doctorado), en el Centro Universitário Dom Helder, Belo Horizonte/MG, Brasil.

Marcelo Kokke

Posdoctorado en Derecho Público – Ambiental por la Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, España. Doctorado y Maestría en Derecho por la Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RIO), Rio de Janeiro/RJ, Brasil. Especialización en Ecología y Monitoreo Ambiental por la Universidad de Araraquara (UNIARA), Araraquara/SP, Brasil. Especialización en Proceso Constitucional por el Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix (IMI), Belo Horizonte/MG, Brasil. Licenciatura en Derecho por la Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte/MG, Brasil. Profesor del Doctorado y Maestría Académica en Derecho Ambiental y Desarrollo Sostenible del Centro Universitário Dom Helder, Belo Horizonte/MG, Brasil. Procurador Federal de la Advocacia-Geral da União (AGU), Belo Horizonte/MG, Brasil.

Contribución de los autores

Ambos autores contribuyeron de manera equitativa al desarrollo de este artículo.

Disponibilidad de los datos

Todos los conjuntos de datos relevantes para los resultados de este estudio están completamente disponibles en el propio artículo.

Cómo citar este artículo (APA):

Reis, Émilien V. B., & Kokke, M. (2025). CLIMATE DAMAGE AND REPARATORY VALUE. *Veredas Do Direito*, 22(1), e222930.
<https://doi.org/10.18623/rvd.v22.2930>