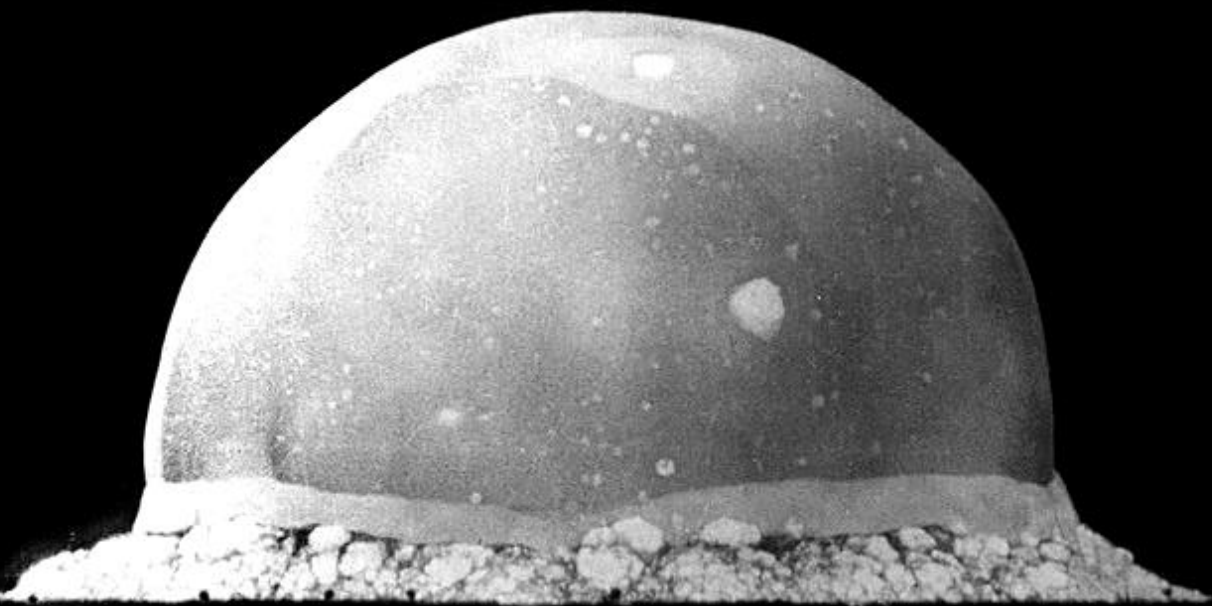


**ROBERTO ANDRÉS**

# **LA GEOLOGÍA DEL ANTROPOCENO**

**INVESTIGACIÓN, GENEALOGÍA Y CONTROVERSIA  
SOBRE EL IMPACTO HUMANO CONTEMPORÁNEO  
EN EL AMBIENTE GLOBAL**



**ROBERTO ANDRÉS**

# **LA GEOLOGÍA DEL ANTROPOCENO**

INVESTIGACIÓN, GENEALOGÍA Y CONTROVERSIA  
SOBRE EL IMPACTO HUMANO CONTEMPORÁNEO  
EN EL AMBIENTE GLOBAL

Mayo de 2022. Esta es una edición digital independiente orientada a la divulgación. Todas las entrevistas fueron realizadas por el autor. Las entrevistas y los informes citados fueron traducidos por el autor, salvo "Historia económica en el Antropoceno: cuatro modelos". Debido a que la literatura científica del Antropoceno, en su gran mayoría, no ha sido traducida al castellano, los títulos de los estudios citados se han mantenido en su idioma original en inglés.

Diseño y diagramación: Roberto Andrés.  
Corrección y edición: Valeria Foglia.

Ilustración de tapa: fotografía tomada por Berlyn B. Brixner (1911-2009) a la bola de fuego de Trinity, primera explosión nuclear de la historia. La prueba fue llevada adelante por el Ejército de los Estados Unidos el 16 de julio de 1945, en Alamogordo, Nuevo México, tres semanas antes de sus crímenes de guerra en Hiroshima y Nagasaki. La imagen corresponde al segundo 0,016 después de la explosión. El borde superior de la bola de fuego tiene unos 200 metros de altura. Brixner se ubicó a 9 kilómetros de distancia del lugar de detonación. La imagen es de dominio público.

Fotografía de contratapa: Marcelo Scoppa.

## **La geología del Antropoceno: investigación, genealogía y controversia sobre el impacto humano contemporáneo en el ambiente global**

La ciencia del Antropoceno (p.5) - Un desafío cultural para la geología convencional (p.10) – La humanidad en la encrucijada (p.14) - Un acontecimiento extraordinario (p.17) - La travesía del holandés errante (p.19) - Prometeo desencadenado (p.21) - El Antropoceno en los dominios de Babel (p.24) - Relato singular y aproximaciones multidisciplinares (p.31) - La fresca brisa de la historia natural (p.38)

La geología condiciona la historia humana. Las primeras civilizaciones surgieron hace unos seis mil años, a mediados de la época geológica del Holoceno, luego de que el aumento de la humedad atmosférica y la estabilización del nivel del mar hiciesen posible el desarrollo de la agricultura y la urbanización. Ya sea en el Indo o en el Éufrates, en el Grijalva o en la cuenca del Misisipi, las sociedades complejas, con distinciones de clase y gran capacidad de movilización, surgieron por primera vez cerca de las márgenes costeras. Cuando nuestra especie, el homo sapiens, tuvo que lidiar por más de trescientos mil años con las inclemencias del gélido Pleistoceno, lo hizo en pequeñas sociedades nómadas, de entre diez y cuarenta personas, dedicadas a la caza y la recolección. Pero este modo de vida entró en crisis con la revolución agraria del Neolítico y la aparición de asentamientos urbanos permanentes, lo que dio origen a sociedades gobernadas por el Estado más allá del alcance de las aldeas agrícolas, justamente a mediados del Holoceno. Desde entonces, jamás la humanidad había atravesado una nueva época geológica, un cambio que implica de por sí transformaciones sincrónicas e irreversibles en la corteza terrestre. Sin embargo, esta percepción podría cambiar radicalmente.

Entre el 18 y el 22 de mayo de este año el Grupo de Trabajo del Antropoceno (GTA), un equipo especializado de geólogos de catorce países, presentará en la Casa de las Culturas del Mundo (HKW) de Berlín los resultados de una investigación de más de doce años. En esta afirman que la sociedad contemporánea transita desde mediados del siglo XX una nueva época geológica, marcada por el impacto negativo de la industrialización moderna y la globalización. Si la evidencia reunida es suficiente para fundamentar su propuesta, la carta cronoestratigráfica internacional (base de la escala geológica de tiempo) será modificada incorporando el Antropoceno como época actual, pasando este a ser considerado un hecho de conocimiento común, incluso con implicaciones legales. Esto no solo marcaría el fin de los 11 700 años de duración del Holoceno, sino que también indicaría el reconocimiento de la dramática desaparición de las condiciones ambientales globales que posibilitaron el surgimiento y desarrollo de la civilización humana.

Jan Zalasiewicz, fundador del GTA y presidente de la Subcomisión Estratigráfica del Cuaternario, explica:

Existe un gran acuerdo entre la comunidad científica del sistema Tierra y los geólogos involucrados en el análisis formal del Antropoceno que este es un cambio reciente a escala de época en el sistema planetario, en el que los impactos humanos asociados con la industrialización moderna y la globalización se han vuelto abrumadores y a menudo efectivamente irreversibles<sup>1</sup>.

Según el geólogo y profesor de paleobiología de Leicester, estos impactos incluyen el calentamiento global, la pérdida de biodiversidad, los cambios en el paisaje, muchas formas de contaminación y las señales geológicas que generan.

En efecto, ahora están llevando rápidamente al mundo desde la relativa estabilidad de los últimos miles de años de la época del Holoceno a un tipo diferente de estado planetario, con un clima más caliente, niveles del mar más altos, una química superficial alterada y una biósfera degradada.

Esta nueva trayectoria terrestre tiene su origen en la Gran Aceleración, un fuerte repunte en una multitud de indicadores socioeconómicos globales y tendencias biogeofísicas planetarias de mediados del siglo XX. Esto implicó un desaforado incremento en el consumo de los recursos materiales y energéticos de la Tierra por parte de las naciones en el nuevo escenario internacional abierto tras el fin de la Segunda Guerra Mundial. De continuar, la humanidad atravesará el peligroso umbral que la separa de condiciones ambientales incontrolables. Científicos del GTA advierten que esto plantea “graves riesgos para la salud, la economía, la estabilidad política (especialmente para los más vulnerables al clima) y, en última instancia, la habitabilidad del planeta para los humanos”<sup>2</sup>.

Esta perspectiva también convierte al GTA en víctima del fuego cruzado. Tal como ocurrió con el darwinismo, la formalización del Antropoceno supone una amenaza para creencias arraigadas sobre el lugar de la humanidad en el mundo, por lo que su ciencia se ha ganado múltiples detractores dentro y fuera de la geología. La noción de que la humanidad es un agente geomorfológico no es nueva en el pensamiento occidental, pero siempre fue rechazada por considerarse dicho impacto demasiado insignificante en comparación con las grandes fuerzas de la naturaleza. A su vez, el carácter antrópico de estas muchas perturbaciones planetarias ha abierto un acalorado debate sobre la verdadera naturaleza de estos impactos. Zalasiewicz lo explica:

Una gama más amplia de académicos, incluidos los de las ciencias sociales y las humanidades, ha visto la importancia de estos cambios y han comenzado a utilizar el Antropoceno, aunque a menudo lo interpretan de una manera diferente, para abarcar una gama mucho más amplia y difusa de impactos humanos, con miles de años de duración. Una de las tareas a la que nos enfrentamos es comprender, esclarecer y resolver las distintas interpretaciones del Antropoceno.

Julia Adenney Thomas es historiadora de Notre Dame y colaboradora del GTA. Junto a Zalasiewicz y el geólogo Mark Williams ha publicado *The Anthropocene: A Multidisciplinary Approach* (2020), en donde explican cómo diferentes disciplinas abordan el fenómeno del Antropoceno desde diferentes perspectivas enraizadas en distintas interrogantes. Thomas dice:

Podríamos pensarlo de esta manera: 1) Los geólogos se preguntan cuándo las actividades humanas produjeron de manera casi sincrónica estratos globales. El GTA ha llegado al acuerdo de que esto ha ocurrido desde mediados del siglo XX y hará su propuesta de evidencia formal en enero de 2023. 2) Los científicos del sistema Tierra se preguntan cuándo el funcionamiento de este sistema fue alterado por la actividad humana, y también apuntan a mediados del siglo XX con la Gran Aceleración. 3) Historiadores, antropólogos, arqueólogos, geógrafos y campos afines se preguntan cuándo los seres humanos comenzaron a obtener los poderes para crear esta ruptura ocurrida desde mediados del siglo XX. Sus respuestas van desde el dominio del fuego por parte de los homínidos ancestrales, incluso antes de que apareciera el *homo sapiens* hace unos 300.000 años, hasta el desarrollo de antibióticos, saneamiento y el proceso Haber Bosch en el siglo XIX y principios del XX<sup>3</sup>.

Aunque las autoridades de la comunidad geológica aún no han reconocido el Antropoceno como nueva época, diversos organismos internacionales han tomado nota de este debate en curso. En su informe especial *Global Warming of 1.5 °C* (2018), el IPCC rescata la utilidad del Antropoceno “como un ‘concepto de límite’ que enmarca ideas críticas para comprender los impulsores, la dinámica y los desafíos específicos que permitan responder a la ambición de mantener la temperatura global muy por debajo de los 2° C, mientras se realizan esfuerzos para adaptarse a un mundo 1,5° C más cálido”<sup>4</sup>.

En su informe *Planeta Vivo 2018*, el Fondo Mundial de la Naturaleza (WWF) inserta en su marco general a “la Gran Aceleración, un evento único en los 4.500 millones de años de historia de nuestro planeta, con una población humana y un crecimiento económico explosivos que impulsan un cambio planetario sin precedentes a través de una mayor demanda de energía, tierra y agua. Esto es tan grande que muchos científicos creen que estamos entrando en una nueva época geológica, el Antropoceno”<sup>5</sup>.

Mientras que la Agencia Europea para el Ambiente (EEA), en su informe *Drivers of change of relevance for Europe's environment and sustainability* (2019), también ha reconocido:

El período posterior a la década de 1950 marcó un período único en la historia humana con un cambio global acelerado y sin precedentes inducido por el hombre. Esto se conoce como ‘la Gran Aceleración’. El cambio está ocurriendo a tal escala que las actividades humanas ahora han alterado significativamente el sistema Tierra del Holoceno estable a una nueva época dominada por los humanos conocida como el Antropoceno<sup>6</sup>.

Entre el 18 y el 22 de mayo el Grupo de Trabajo del Antropoceno presentará los hallazgos estratigráficos concluyentes de doce sitios que tienen el potencial de convertirse en un marcador formal del Antropoceno. Esto ocurrirá en la Haus der Kulturen der Welt (Casa de las Culturas del Mundo), el centro nacional de Alemania para la presentación y discusión del arte contemporáneo, con un enfoque especial en las culturas y sociedades no europeas. Aquí, doce equipos de investigación presentarán sus diferentes registros ambientales, como núcleos de hielo antárticos, sedimentos de lagos, corales o turba. Discutirán la evidencia material de una variedad de impactos antropogénicos, en una charla en donde el público interesado, dentro y fuera de las geociencias, está invitado a participar. Bernd Scherer, director de la HKW dice:

Espero que quede claro que vivimos en la nueva época geológica del Antropoceno, en la que los humanos están poniendo en peligro el futuro del planeta a través de sus acciones, y qué papel crucial juega la ciencia basada en hechos para reconocer esta crisis. Es importante también dejar en claro qué desigualdades globales han producido los desarrollos de las últimas décadas, en las que unos pocos viven a expensas de la mayoría<sup>7</sup>.

## LA INVESTIGACIÓN

### 1. La ciencia del Antropoceno

Si bien el Antropoceno comenzó a ser ampliamente discutido a partir del año 2000, principalmente por la comunidad científica del pionero Programa Internacional Biosfera Geosfera (sobre lo que volveremos en detalle más adelante), su análisis formal dentro de la geología contemporánea recién comenzó en 2008, cuando algunos representantes de esta disciplina dieron cuenta del uso cada vez mayor del término en el mundo académico. Ese año, unos veinte geólogos dirigidos por Zalasiewicz presentaron a la Comisión de Estratigrafía de la Sociedad Geológica de Londres un análisis preliminar titulado *Are we now living in the Anthropocene?*<sup>8</sup> Su conclusión fue que había suficiente evidencia para apoyar la formalización de esta nueva época. En respuesta, Phil Gibbard, por entonces presidente de la Subcomisión Estratigráfica del Cuaternario, perteneciente a la Comisión Estratigráfica Internacional, convocó a la conformación de un equipo multidisciplinar, el Grupo de Trabajo del Antropoceno. Su mandato: “Investigar la validez y aplicabilidad del término Antropoceno”.

En su informe anual 2009, esta subcomisión declaró:

El Grupo de Trabajo del Antropoceno, presidido por el Dr. J. Zalasiewicz (Leicester), se creó en el verano de 2009 a raíz de la propuesta del término Antropoceno hecha por Crutzen (2002), su posterior análisis por parte de la Comisión de Estratigrafía de la Sociedad Geológica de Londres y una sesión convocada en la reunión de otoño de 2008 de la Unión Geofísica Americana sobre este tema. El propósito del grupo de trabajo es examinar el término y su base estratigráfica subyacente con más detalle y consideración, y posteriormente hacer recomendaciones sobre su posible formalización<sup>9</sup>.

El GTA se fundó con dieciséis especialistas. Creció y evolucionó con membresía internacional agrupando para 2022 a treinta y ocho profesionales de catorce países. La gran mayoría pertenece al área de las geociencias. Sin embargo, dado que el grupo considera los fenómenos humanos, también cuenta con representantes de la arqueología, la geografía, la historia, la filosofía y el derecho internacional. Estos abordan los impactos humanos en el ambiente y sus consecuencias, explorando la utilidad de la formalización en la escala geológica de tiempo para el desarrollo de la ciencia y la erudición. No obstante, la principal tarea del GTA es evaluar el Antropoceno como una unidad potencial de tiempo geológico, siguiendo los estrictos protocolos elaborados por la Comisión Estratigráfica Internacional y su organismo matriz, la Unión Internacional de Ciencias Geológicas.

El caso del Antropoceno se analizó durante los siguientes años, y se presentaron varias publicaciones en donde se exploraba su posible formalización:

- *When did the Anthropocene begin? A mid-twentieth century boundary level is stratigraphically optimal* (2015)<sup>10</sup>
- *The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene* (2016)<sup>11</sup>
- *A formal Anthropocene is compatible with but distinct from its diachronous anthropogenic counterparts* (2019)<sup>12</sup>
- *The Anthropocene as a Geological Time Unit: A Guide to the Scientific Evidence and Current Debate* (2019)<sup>13</sup>

Tras una votación no vinculante por parte de sus miembros, el GTA anunció sus conclusiones y recomendaciones provisionales en el 35° Congreso Geológico Internacional en Ciudad del Cabo, Sudáfrica, el 29 de agosto de 2016. Según estas sugerencias el Antropoceno está fundamentado estratigráficamente, debería formalizarse en el rango de *época* (no en el de *era* ni en el de *edad*), con un inicio aproximado en 1950 y definido por un GSSP, es decir, un marcador cronoestratigráfico informalmente conocido como “clavo dorado”. Esto significa que para que el Antropoceno pueda ser oficialmente reconocido, el GTA debe proponer un punto específico en la faz de la Tierra que sirva de referencia global para indicar su comienzo, y debe buscarlo en los estratos correspondientes a las inmediaciones de la década de 1950. Así lo estipuló una nueva votación, esta vez vinculante, cuyos resultados fueron dados a conocer el 21 de mayo de 2019:

Pregunta 1: ¿debería tratarse el Antropoceno como una unidad estratigráfica formal definida por un GSSP?

- Veintinueve votaron a favor (88 % de los votos emitidos)
- Cuatro votaron en contra
- Sin abstenciones

Pregunta 2: ¿debería ser la guía principal para la base del Antropoceno una de las señales estratigráficas de mediados del siglo XX de la Era Común?

- Veintinueve votaron a favor (88 % de los votos emitidos)
- Cuatro votaron en contra
- Sin abstenciones<sup>14</sup>.

Este resultado estructuró la posterior labor del GTA. Sin embargo, como queda en evidencia con la votación, un pequeño sector mostró oposición a esta orientación. Como veremos más adelante, no se quedarán de brazos cruzados. Pero a grandes rasgos, con esta votación el GTA cerraba una etapa: pasaron diez años desde que sus fundadores asumieron el desafío de reunir toda la evidencia necesaria y examinar la posible formalización del Antropoceno. Ahora se encaminan hacia la recta final.

–El proceso de búsqueda del sitio para el GSSP está actualmente en curso –dice Colin Waters, presidente del GTA y también profesor de la Universidad de Leicester. –Y se están considerando doce sitios<sup>15</sup>.

Estos sitios y sus señales estratigráficas son:

1. Embalse de Searsville, en California, Estados Unidos. Tiene 127 años de antigüedad y está ubicado en la reserva biológica Jasper Ridge, en la Universidad de Standford. El candidato a GSSP es un núcleo de 11,03 metros de longitud con una deposición sedimentaria de 7,5 centímetros por año. Posee unas 300 capas de menos de un milímetro hasta treinta milímetros. Los científicos a cargo son Allison Stegner, Anthony Barnosky y Elizabeth Hadly.
2. Turbera en la meseta de Równia pod Śnieżką, en la frontera entre República Checa y Polonia. La meseta tiene una altura de hasta 1450 metros y se ubica en la cordillera de Karkonosze. El análisis de un extracto de turba reciente de 49 centímetros muestra que esta se ha acumulado por 149 años, lo que corresponde a una tasa de acumulación promedio de entre 0,5 y 0,1 centímetros por año. La encargada es Barbara Fiałkiewicz-Koziel.
3. Lago Sihailongwan Maar, en el condado de Jingyu, provincia de Jilin, China. Está a 776 metros sobre el nivel del mar y tiene una profundidad de 53 metros. El candidato a GSSP es un núcleo laminado en sus 33 centímetros superiores, con distintas capas blancas de un milímetro a 33 y 6,8 centímetros. El científico a cargo es Yongming Han.
4. Bahía de San Francisco, en California, Estados Unidos. Es el puerto más grande y concurrido de la costa pacífica de ese país. El candidato a GSSP es un núcleo compuesto de limos y arena fina con capas ocasionales de arena gruesa y conchas, tomado del sur de la bahía. A cargo están Stephen Himson, Mark Williams, Jan Zalasiewicz, Colin Waters, Juan Carlos Berrio, Ian Wilkison y Mary McGann.
5. Bahía de Beppu, una ciudad en la isla de Kyūshū, al sur de Japón. Los candidatos a GSSP son núcleos de depósitos costeros recolectados en 2019 con partículas de cenizas volátiles carbonosas producidas únicamente a partir de la ignición industrial de combustibles fósiles. Los científicos a cargo son Jun Inoue y Michinobu Kuwae.
6. Lago Crawford, provincia de Ontario, Canadá. Se ubica en la localidad de Milton y está permanentemente estratificado, ya que sus aguas superficiales y profundas casi nunca se mezclan. Muestras de núcleos de congelación y núcleos de gravedad fueron recolectadas en agosto de 2018 y febrero de 2019. La encargada es Francine McCarthy.
7. Corales de Flinders Reef, en la meseta de Queensland, Australia. Es un arrecife de alta mar a 250 kilómetros de la costa noreste de Australia y uno de los sistemas de arrecifes discretos más grandes del mar del Coral. El candidato es un núcleo de coral que se cortó a lo largo en rodajas de 7 milímetros de espesor y que data de 1710. El responsable es Jens Zinke.
8. Corales del West Flower Garden en el Bank Reef del Golfo de México, a 190 kilómetros de Galveston, Texas, Estados Unidos. Originalmente el plan era explorar las Islas Caimán, en el Caribe Central, pero la pandemia de coronavirus obligó a los investigadores a rediseñar su plan. La encargada es Kristine DeLong.
9. Cuenca oriental de Gotland, en el mar Báltico. Situada entre Suecia y los países bálticos, se caracteriza por sus aguas estancadas y de baja concentración de oxígeno. Aquí se recuperó un núcleo de 45 centímetros de largo a una profundidad

de 241 metros. Cambios bruscos a su altura media marcan probablemente el comienzo de la década de 1950, lo que debería representar el comienzo del Antropoceno. Los científicos a cargo son Jerome Kaiser y Juliana Assunção Ivar do Sul.

10. Hielo del extremo sur de la península Antártica, una región de temperaturas más cálidas y alta acumulación de nieve. Aquí en 2012 se recolectó a 1897 metros de profundidad un núcleo de hielo de 133 metros de largo con láminas anuales que se remontan al año 1617. A cargo está Liz Thomas.
11. Cueva de Ernesto, en Trentino, norte de Italia. Se trata de una cueva pequeña y poco profunda ubicada bajo una ladera boscosa en los Prealpes italianos. Posee varias estalagmitas laminadas que cubren los últimos 8500 años. Como muestras se tomaron tres registros de ellas, que dan cuenta de un aumento en las concentraciones de sulfato debido a la contaminación atmosférica que siguió a la Revolución Industrial y las detonaciones atómicas durante el siglo XX. Los responsables son Andrea Borsato, Ian Fairchild y Silvia Frisia.
12. Estratos urbanos de Viena, Austria. Se trata de una excavación arqueológica que incluye núcleos de pozos en Karlsplatz, uno de los lugares más visitados de la capital austríaca. Contiene sedimentos y artefactos que datan del siglo XIX en adelante, desde el relleno del canal del río Wien hasta los cimientos del edificio del Museo de Viena. Los responsables son Maria Meszar, Kira Lappé, Karin Hain, Katrin Hornek, Michael Wagreeich y Martin Mosser<sup>16</sup>.

Estas señales están siendo analizadas desde cada lugar. Los resultados serán presentados en la conferencia y exposición organizada por la HKW para abrir el debate sobre la idoneidad de los sitios. Simon Turner, secretario del GTA, detalla:

Los resultados del trabajo estratigráfico para sugerir un GSSP adecuado se darán a conocer durante los primeros dos días del encuentro. En los dos días siguientes tendrá lugar una serie de eventos y conferencias cuyo fin es explorar la evidencia junto a académicos culturales e históricos, así como con el público<sup>17</sup>.

Estos resultados también serán publicados en diciembre en una edición especial de *Anthropocene Review*, perteneciente a la editorial SAGE. La edición estará a cargo de Colin Waters, Simon Turner, Jan Zalasiewicz y Martin Head. Cada sitio contará con un artículo independiente. Simultáneamente, se dará a conocer el resultado de una nueva votación del GTA cuyo proceso comenzará el 1º octubre y finalizará el 1º de noviembre de 2022, esta vez para determinar cuál de todos los sitios será el candidato preferido como marcador principal del Antropoceno. Colin Waters prosigue:

A principios de 2023, nuestro objetivo es redactar la propuesta de candidato ganador y someterla a nuestro organismo matriz, la Subcomisión Estratigráfica del Cuaternario. Las decisiones sobre la propuesta enviada se toman por mayoría de votos (más del 60 %), primero por miembros votantes de la Subcomisión. Si tiene éxito, surge una recomendación formal que luego será considerada por los miembros votantes de la Comisión Estratigráfica Internacional, esto es, tres funcionarios ejecutivos y los presidentes de las dieciséis subcomisiones.

Si la CEI aprueba la propuesta, la ratificación final vendrá de parte del comité ejecutivo de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas, máxima autoridad en la materia e integrante del poderoso Consejo Internacional de Ciencias. Solo entonces, hipotéticamente antes de comenzar 2024, el recorrido habrá terminado y el ingreso al Antropoceno será reconocido oficialmente en la escala geológica de tiempo. Como se puede apreciar, el proceso es conservador, ya que es necesario asegurar que solo los candidatos más fuertes puedan ser aprobados por lo que el trabajo del GTA no está exento de riesgos:



–Es muy posible que la propuesta del Antropoceno pueda fracasar en cualquiera de estos niveles –advierde Waters.

Por su parte, Zalasiewicz explica:

Los obstáculos a la formalización, que pueden ser percibidos por los geólogos acostumbrados a trabajar en escalas de tiempo de millones de años y utilizando evidencia geológica clásica, pueden incluir la brevedad del Antropoceno hasta ahora (el equivalente a una sola vida humana), la naturaleza nueva y sin precedentes de algunas de sus señales geológicas, como los “tecnofósiles”, a menudo hechos de materiales novedosos como el plástico, y el uso del término mucho más allá de la geología, incluso en discusiones sociopolíticas.

En efecto, una gama más amplia de académicos, incluidos los de las ciencias sociales y humanidades, han visto la importancia de estos cambios ambientales globales y han empezado a utilizar el término Antropoceno como contexto. Sin embargo, lo interpretan de una manera diferente, según cada lente disciplinario, para abarcar un abanico mucho más amplio y difuso de impactos humanos, que por lo general duran miles de años.

Según indica el Grupo de Trabajo del Antropoceno:

Una cualidad fundamental de todas las unidades cronoestratigráficas incorporadas a la carta internacional es que cada una está definida por una base isocrónica, que representa una superficie conceptual de tiempo idéntico alrededor del mundo. Esta superficie es reconocida en la práctica con diversos grados de precisión por señales estratigráficas dentro de depósitos sedimentarios y otros materiales geológicos, y su definición está fijada por el marcador designado en una sección de referencia única conocida como Sección Estratotipo y Punto Límite Global (GSSP), comúnmente denominada ‘clavo dorado’<sup>18</sup>.

–Estamos considerando una amplia gama de señales antropogénicas que pueden usarse para identificar el inicio del Antropoceno alrededor de 1950 –dice Waters. –Un marcador útil es aquel que se encuentra en diversos entornos y se propaga por todo el planeta con retardo de tiempo mínimo. La aparición de plutonio asociada con el inicio del *Bomb Spike* es obvia ya que se dispersa rápidamente en la estratósfera, siendo 1952-1953 el comienzo típico de la señal global.

Waters explica que otros candidatos son los radiocarbonos, también producidos a través de detonaciones nucleares atmosféricas; los plásticos, cuya producción generalizada comenzó a mediados del siglo XX y hoy tienen presencia hasta en la fosa de las Marianas (el área más profunda de los océanos de la Tierra); las cenizas de combustibles y otros contaminantes orgánicos tales como pesticidas, metales pesados como el plomo, isótopos de carbón e isótopos de nitrógeno de origen agrícola. Waters detalla:

Una vez que se encuentra el sitio preferido, el GSSP se ubica en el punto preciso en la sección donde ocurre el marcador específico. Este fija el límite cronoestratigráfico en un momento específico en el tiempo. Los marcadores primarios y de otro tipo se pueden utilizar para correlacionar el límite desde el GSSP hacia cualquier otra parte del planeta.

Desde que la comunidad geológica ratificó el primer GSSP en 1972 para el límite entre los sistemas Silúrico y Devónico, 77 de los 104 niveles de límite que definen las etapas, las series y los sistemas de la carta cronoestratigráfica internacional han ratificado un GSSP acompañado de un panel explicativo, una placa formal y un “clavo dorado”.

## 2. Un desafío cultural para la geología convencional

La geología es una ciencia por definición conservadora. A diferencia de otras, como la química y la física, históricamente no se ha basado en la experimentación, sino en la observación. La interpretación de las observaciones condicionó en gran medida su desarrollo, y esta interpretación a su vez estuvo condicionada por las corrientes filosóficas y religiosas del momento. Esto explica el tardío desarrollo de la geología en comparación con otras ciencias. Por ejemplo, los primeros geólogos de los siglos XVIII y XIX eran aristócratas y sacerdotes que creían, junto con el obispo irlandés James Ussher, que el mundo había sido creado por Dios el 23 de octubre del año 4004 a. C. (calendario juliano). Así lo había señalado este obispo anglicano en sus Anales del Viejo Testamento, publicados en 1650, haciendo coincidir los hechos descritos en la primera parte de la Biblia con el tiempo geológico.

Mucho más adelante, durante la primera mitad del siglo XX, el desarrollo de la geología se vio frenado por el enfoque dominante, la teoría de la isostasia, que solo aceptaba movimientos verticales de los continentes. De esta manera, la teoría de la deriva continental que formuló Alfred Wegener en 1915, según la cual África y Sudamérica estuvieron unidos en algún momento, fue descartada porque, a pesar de su observación correcta, el autor no sabía cómo explicar el desplazamiento de los continentes. Chester Ray Longwell, presidente de la Sociedad Americana de Geología, llegó a afirmar: “Si el ajuste entre Sudamérica y África no es genético, seguramente es un truco de Satanás para nuestra frustración”. Tuvimos que esperar varias décadas, desde que Wegener expusiera sus teorías, para que los descubrimientos en el fondo marino por parte de Peter Vail y Harry Hammond Hess contribuyeran a una recuperación crítica de la deriva continental a través de lo que se ha conocido como la tectónica de placas, tan fundamental para la geología hoy como fue para la biología la teoría de Darwin sobre el origen de las especies<sup>19</sup>.

En algunos sectores de la comunidad geológica la iniciativa de formalizar el Antropoceno ha provocado rechazo. Varias publicaciones han sugerido de diversas formas que el Antropoceno es propaganda, que es engañoso de origen y no tiene uso estratigráfico, que está basado en un contenido estratigráfico insignificante (a diferencia del utilizado para definir unidades más antiguas) y que se centra en la observación de la historia humana o la especulación sobre el futuro en lugar de eventos geológicamente significativos.

En 2016, Stanley Finney, por entonces presidente de la Comisión Estratigráfica Internacional, y Lucy Edwards, de la Comisión Norteamericana de Nomenclatura Estratigráfica, advirtieron que “el impulso para reconocer oficialmente el Antropoceno puede, de hecho, ser más político que científico”. En *The “Anthropocene” epoch: Scientific decision or political statement?* (2016), dicen:

La propuesta de la época del ‘Antropoceno’ como una unidad formal de la escala de tiempo geológico ha recibido amplia atención en los medios científicos y públicos. Sin embargo, la mayoría de los artículos sobre el Antropoceno tergiversan la naturaleza de las unidades de la carta cronoestratigráfica internacional. [...] Cuando explicamos la diferencia fundamental entre el Antropoceno y las unidades cronoestratigráficas establecidas por la Comisión Estratigráfica Internacional a los defensores de su reconocimiento, a menudo responden que el impacto humano en el sistema terrestre debe reconocerse oficialmente, aunque solo sea para hacer al público y a las agencias gubernamentales conscientes de ese impacto. [...] ¿Es el papel de la Comisión Estratigráfica Internacional hacer tal declaración política?<sup>20</sup>.

Un año antes, los responsables de dirigir el exitoso trabajo de formalización de la subdivisión del Holoceno con “clavos dorados” –Mike Walker, John Lowe y el actual secretario general de la Comisión Estratigráfica Internacional, Phil Gibbard– respondieron la

publicación de Zalasiewicz *When did the Anthropocene begin?* rechazando su iniciativa de formalizar una nueva época geológica por encima del Holoceno. En su comentario publicado en *Quaternary International*, revista perteneciente a la Unión Internacional para la Investigación del Cuaternario, afirman:

Si bien reconocemos que en algún momento en el futuro los geólogos podrían mirar hacia atrás e identificar un 'punto de inflexión' perceptible reflejado en el registro estratigráfico que advierta la abrumadora influencia de la humanidad, no vemos en la actualidad ningún valor práctico en establecer el límite inferior de un nuevo intervalo de tiempo geológico a mediados del siglo XX. Nuestra posición sigue siendo que seguimos viviendo dentro de la serie/época del Holoceno, formalmente definida y ratificada, y que no existe una base estratigráfica sólida para designar una unidad cronoestratigráfica adicional por encima del Holoceno en la escala de tiempo geológico internacional.<sup>21</sup>

Por entonces, otras críticas hacían referencia al impacto mediático del término en el público. En *Is the Anthropocene an issue of stratigraphy or pop culture?* (2012), los geólogos Whitney Autin y John Holbrook aseguraban:

El Antropoceno se ha arraigado en la cultura popular como un nuevo término temporal, y los científicos involucrados en la investigación y el debate sobre el cambio climático antropogénico deberían beneficiarse de la adopción estratigráfica formal. Sin embargo, la identificación de un límite basal para el Antropoceno y la sugerencia de que el concepto puede validarse con un marcador estratigráfico global son, en el mejor de los casos, algo un poco prematuro. Un marcador estratigráfico distinto debería haberse estado formando desde que comenzó el cambio antropogénico. Como estratígrafos practicantes, nos sorprende la afirmación de que los científicos actualmente tienen suficiente evidencia para definir una huella distintiva y duradera de nuestra existencia en el registro geológico.<sup>22</sup>

Como contrapartida, el GTA señaló que "si bien tales críticas pueden responderse razonablemente, son una indicación del desafío –quizás menos técnico que cultural– dentro de la geología de considerar en un contexto geológico formal el cambio sin precedentes en la escala, velocidad y naturaleza del forzamiento planetario humano asociado con la Gran Aceleración"<sup>23</sup>.

Los exámenes críticos son una parte esencial del proceso de considerar la modificación de la carta cronoestratigráfica. Esta construcción, que permite la navegación, la correlación y la comunicación precisas dentro de los 4600 millones de años de historia de la Tierra, puede considerarse la columna vertebral de la geología. Por lo tanto, el proceso de agregar nuevas unidades o modificar las existentes es justamente lento, incremental y conservador. Sin embargo, se siguen realizando cambios, ya sean modificaciones de límites –como las que se produjeron para el Período Cuaternario en 2009–, subdivisiones más finas o la construcción de nuevas unidades como el Período Ediacárico. Tales cambios solo se producen después de un análisis exhaustivo y una discusión equilibrada. Incluso, varias unidades establecidas todavía carecen de definiciones de límites totalmente acordadas y ratificadas.

El GTA asegura que el Antropoceno exhibe una serie de características distintivas y novedosas, lo que explica el intenso debate que actualmente rodea su posible adopción como unidad estratigráfica. Aun así, la propuesta reúne muchos de los requisitos previos para el reconocimiento formal. Si algunos de los argumentos en contra del Antropoceno se establecen como convincentes e incontestables, entonces podrían representar serias barreras para su inclusión en la escala de tiempo geológico. Pero si las críticas pueden abordarse razonablemente, hacerlo demostraría la viabilidad de una posible formalización, siguiendo un estricto cumplimiento de los protocolos geológicos.

En resumidas cuentas, dentro de la comunidad geológica los factores detrás de las críticas al Antropoceno como un término de tiempo geológico formal potencial son: 1) la brevedad de la nueva época en comparación con otros intervalos de tiempo geológicos, 2) la naturaleza peculiar de muchas de las señales estratigráficas generadas por los humanos –como los tecnofósiles, es decir, artefactos humanos fosilizables, comúnmente hechos de materiales novedosos como los plásticos– y 3) la vinculación de las consecuencias geológicas a las acciones sociales (lo que involucra una dimensión política).

En 2017, Zalasiewicz y sus colegas contestaron estas y muchas otras críticas en *Newsletters on Stratigraphy* con *Making the case for a formal Anthropocene Epoch: an analysis of ongoing critiques*:

En respuesta, sostenemos que el Antropoceno es un término funcional que tiene una base geológica firme en un registro estratigráfico bien caracterizado. Este registro, aunque a menudo litológicamente delgado, es lateralmente extenso, rico en detalles y ya refleja cambios sustanciales transcurridos (y en parte irreversibles) en el sistema terrestre que son comparables o mayores en magnitud que las transiciones de escala de época anteriores. El Antropoceno se diferencia de las épocas previamente definidas en que refleja el cambio geológico contemporáneo, lo que a su vez también conduce al uso del término en una amplia gama de discursos sociales y políticos. Sin embargo, ese uso sigue siendo completamente distinto de su fundamento estratigráfico demostrable.<sup>24</sup>

La corta duración del Antropoceno no contraviene los requisitos para la inclusión de una unidad en la escala de tiempo, aseguran desde el GTA. De hecho, sigue la tendencia de los intervalos de tiempo geológico más recientes: la actual Era Cenozoica (66 millones de años) es la más corta de todas las eras geológicas; el actual Período Cuaternario (2,6 millones de años) es el más corto de todos los períodos geológicos; la oficialmente actual época del Holoceno (11.700 años) es la más corta de todas las épocas geológicas; y la oficialmente actual edad Megalayense (4.270 años) es la más corta de todas las edades geológicas. La temporalidad del Antropoceno se corresponde con esta tendencia. Además, los fenómenos del Antropoceno son importantes *per se*, independientemente de su causa: 1) el rápido aumento posindustrial del CO<sub>2</sub> atmosférico en más de un tercio, 2) la duplicación de los ciclos del nitrógeno y el fósforo superficiales, 3) los aumentos de más del orden de magnitud en la diversidad de sustancias similares a minerales y en las tasas de erosión y sedimentación terrestre, y 4) las marcadas aceleraciones en las especies exóticas introducidas y las tasas de extinción. Todos estos fenómenos, aunque se debieran a algún forzamiento natural drástico –como el impacto de un asteroide–, igualmente habrían de proporcionar una justificación para una nueva y distintiva época geológica.

Como se hizo evidente en la votación vinculante de 2019, también una minoría del GTA se opuso a definir “el Antropoceno como una época o serie en la escala de tiempo geológica”. Entre ellos se encuentra el propio Philip Gibbard, actual presidente de la Comisión Estratigráfica Internacional, que pese a sus objeciones integra el GTA desde el primer momento, cuando presidía la Subcomisión Estratigráfica del Cuaternario:

Establecí el Grupo de Trabajo del Antropoceno en 2009 y le pedí a Jan Zalasiewicz que convoque al grupo. Desde entonces, él y posteriormente Colin Waters, han liderado el grupo que se ha vuelto muy grande, con más de 30 miembros. Han decidido adoptar el concepto de una época para el concepto de 'Antropoceno', porque ven que los humanos ahora están influyendo en muchas áreas del entorno natural. Al observar varias líneas de evidencia, eligieron identificar este cambio en la llamada Gran Aceleración, es decir, posterior a la Segunda Guerra Mundial. Esta idea de definir una época es la propuesta del grupo de trabajo, pero aún debe probarse, evaluarse y aprobarse por los miembros de la Comisión Estratigráfica Internacional<sup>25</sup>.

Gibbard sostenía en 2015 que no estaba claro si la firma geológica de los impactos antropogénicos en los entornos y sistemas naturales era lo suficientemente clara y si estaba fechada adecuadamente a escala global para que se pueda establecer un límite entre el Holoceno y el Antropoceno. En *The term 'Anthropocene' in the context of formal geological classification* (2015), Gibbard sostuvo con Walker:

En ausencia de un evento marcador antropogénico globalmente identificable que pueda reconocerse claramente en una variedad de contextos depositacionales, que pueda mapearse en un sentido geológico convencional y que pueda proporcionar una base estratigráfica consistente para separar el Antropoceno del Holoceno precedente, en nuestra opinión no hay justificación para definir formalmente el Antropoceno como una nueva unidad estratigráfica (de cualquier estado).<sup>26</sup>

Tras el triunfo de la línea oficial por abrumadora mayoría en 2019, Gibbard avanzó hacia propuestas alternativas para el Antropoceno junto a otros miembros del GTA, como el arqueólogo Matthew Edgeworth y el científico ambiental Erle Ellis, además de los ya mencionados Walker, Finney y Edwards, entre otros. Dirigidos Gibbard y el antropólogo Andrew Bauer, este sector sostiene que la orientación oficial del GTA es “incompatible” con la “erudición constructiva y el debate público” que se ha forjado en los veinte años que han transcurrido desde que el concepto del Antropoceno entró en circulación en la academia. En cambio, sugieren una supuesta “solución práctica”, esto es, definir el Antropoceno como un “evento geológico en curso” y no como una “época formal”. Esta posición la dieron a conocer el 14 de septiembre de 2021 con una carta publicada en *Nature* titulada *Anthropocene: event or epoch?*<sup>27</sup> y el 15 de noviembre del mismo año en *Episode*, la revista de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas, con *A practical solution: the Anthropocene is a geological event, not a formal epoch* (2021). En esta última dicen:

El Antropoceno aún debe definirse de una manera que sea funcional tanto para la comunidad geológica internacional como para los campos más amplios de las ciencias ambientales y sociales. Definir formalmente el Antropoceno como una serie cronoestratigráfica y una época geocronológica con una fecha de inicio global precisa reduciría drásticamente la utilidad del Antropoceno en todas las disciplinas. En su lugar, proponemos que el Antropoceno se defina como un evento geológico, facilitando así una definición geológica sólida vinculada con un marco académico más útil y congruente con las muchas disciplinas que se ocupan de las interacciones entre humanos y ambiente. A diferencia de las definiciones de época formales, los eventos geológicos pueden reconocer la heterogeneidad espacial y temporal, y los diversos procesos sociales y ambientales que interactúan para producir cambios ambientales globales antropogénicos. En consecuencia, un evento del Antropoceno incorporaría una gama mucho más amplia de prácticas culturales humanas transformadoras y sería más aplicable en los campos académicos que una época del Antropoceno, al mismo tiempo que permitiría una caracterización estratigráfica sólida<sup>28</sup>.

Gibbard incluso se opone técnicamente al uso del término “Antropoceno” en sí mismo:  
–No tiene sentido. Se traduce del griego como “humano” “nuevo”. Esto es bastante inapropiado.

Respecto a la “solución práctica”, Gibbard se expresa con su visión:

La modificación humana de los sistemas naturales no comenzó en 1950 (el punto donde los miembros del grupo de trabajo desean ubicar el comienzo de su división “Antropoceno”), sino hace miles de años en algunas partes del mundo, y críticamente en diferentes tiempos en diferentes lugares (comparar China con Argentina, por ejemplo). Por lo tanto, no tiene sentido definir simplemente las últimas décadas como una nueva división del tiempo geológico, ya que esto no reconoce los impactos humanos

antes de ese tiempo. La belleza de la definición de evento, que hemos propuesto recientemente, es que esto nos permite reconocer que todavía estamos viviendo en el Holoceno interglacial (en donde estamos) y, sin embargo, también reconocer el hecho de que la actividad humana comenzó mucho antes del siglo XX. También nos permite usar el término “Antropoceno” para describir este período de actividad y, sin embargo, no cambiar la escala de tiempo geológico. Desde la publicación de nuestros artículos, hemos descubierto que existe un apoyo considerable para nuestra propuesta de evento, no solo en la comunidad geológica, sino también de colegas en la arqueología y las humanidades. En otras palabras, es una solución práctica que realmente refleja el impacto de los humanos durante la historia reciente de la Tierra.

Durante los veinte años que han transcurrido desde que el Antropoceno ingresó al debate académico, el término ha sido utilizado por diversas disciplinas que, aplicando criterios y enfoques distintos, lo interpretan de manera contradictoria. El sector mayoritario del GTA ha debatido con estas distintas miradas. Esto lo veremos, posteriormente, en detalle. Pero viene bien adelantar una respuesta desde la dirección del GTA a la “solución práctica” propuesta por la minoría. Simon Turner, secretario general del GTA, explica:

La respuesta oficial sigue siendo la propuesta planteada en 2019 de un límite de nivel de época y comienzo del Antropoceno cronoestratigráfico a mediados del siglo XX. Por supuesto, hay importantes diferencias de opinión dentro del GTA sobre las ideas expresadas en la carta de *Nature*, el documento del 'evento' en *Episodes* y el consenso acordado mediante la votación en 2019. Miembros del GTA han redactado una respuesta a las ideas del evento expresadas en el documento de Gibbard para que sea publicada en *Episodes*.

–¿No es contradictorio que la votación vinculante de mayo de 2019, que sugería tratar el Antropoceno como una unidad cronoestratigráfica formal definida por un GSSP, se haya llevado a cabo siguiendo la orientación de la Subcomisión Estratigráfica del Cuaternario y la Comisión Estratigráfica Internacional, aunque una de sus autoridades, en este caso, el secretario general de la CEI Phil Gibbard se oponga a esta posición?

–Suenan un poco contradictorio. Se buscó y se siguió la orientación de la Subcomisión y de la CEI sobre el procedimiento para realizar la votación vinculante en 2019. El GTA quería asegurarse de que se llevara a cabo de manera legítima y siguiendo los procedimientos utilizados por otros grupos de trabajo de la CEI, por ejemplo, la duración del período de votación, períodos de discusión y cálculos de mayoría calificada. La oposición o diferencia de opinión sobre el nivel o la naturaleza de las unidades cronoestratigráficas propuestas por los grupos de trabajo puede ser sostenida por los miembros ejecutivos de la CEI y la IUGS. No sería ético que un miembro del ejecutivo tomara una decisión y anulara el trabajo y los resultados de las subcomisiones y grupos de trabajo designados debido a su propia oposición.

### **3. La humanidad en la encrucijada**

El químico atmosférico Will Steffen también es fundador del GTA. Pero, a diferencia de Zalasiewicz y Waters, su relación con el Antropoceno es muy anterior al estudio que inició la comunidad geológica, como veremos más adelante. Dos años después del congreso de Cabo Verde, junto a otros dos miembros del GTA –el geoquímico Colin Summerhayes y el biólogo Anthony Barnosky–, más algunos destacados representantes del desaparecido Programa Internacional Biosfera Geosfera –como la oceanógrafa Katherine Richardson y el físico teórico Hans Schellnhuber–, Steffen publicó *Trajectories of the Earth System in the Anthropocene* (2018). En este estudio, los especialistas advierten, por una parte, que “los impactos humanos en los procesos planetarios esenciales se han vuelto tan profundos que han expulsado a la Tierra de la época del Holoceno en la que se desarrollaron la agricultura, las comunidades sedentarias y, eventualmente, las sociedades humanas social y

tecnológicamente complejas”<sup>29</sup>. Simultáneamente, exploran el riesgo de que el planeta sea empujado hacia un umbral que, de atravesarse y gracias a un calentamiento continuo, podría conducir hacia un estado invernadero, una “Hothouse Earth”. Este término fue introducido con el fin de enfatizar condiciones extremas e irreversibles, incluso si se llegasen a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Dicen: “Cruzar el umbral conduciría a una temperatura media global mucho más alta que la de cualquier intervalo geológico interglacial de los últimos 1,2 millones de años y a niveles del mar significativamente más altos que en cualquier momento del Holoceno. [...] Si se cruza el umbral, la trayectoria resultante probablemente causaría graves trastornos en los ecosistemas, la sociedad y las economías. Se requiere la acción humana colectiva para alejar al sistema Tierra de un umbral potencial y estabilizarlo en un estado interglacial habitable. Dicha acción implica la administración de todo el sistema Tierra (biosfera, clima y sociedades) y podría incluir la descarbonización de la economía global, la mejora de los sumideros de carbono de la biosfera, cambios de comportamiento, innovaciones tecnológicas, nuevos acuerdos de gobernanza y valores sociales transformados”.

La historiadora Julia Adeney Thomas señala en *The Anthropocene Earth System and Three Human Stories* (2020):

Lo interesante de este estudio es que proporciona solo dos argumentos. A diferencia de la investigación basada en modelos climáticos que proyectan una variedad de escenarios intermedios, los autores de *Trajectories of the Earth System in the Anthropocene* argumentan que las no linealidades en los procesos de retroalimentación reducen las rutas potenciales, o tramas, a dos. Nuestra elección es una desafiante Hothouse Earth marcada por cambios de estado abruptos [...] o, por otro lado, una Stabilized Earth [una Tierra estabilizada] cuidadosamente administrada, incómoda, frágil y diferente a todo lo que nuestra especie haya conocido<sup>30</sup>.

Hace unos 20 000 años, en los límites del Pleistoceno, tiene lugar el Último Máximo Glacial, el momento de máxima extensión de las capas de hielo por sobre la Tierra. A partir de entonces, el nivel del mar comenzó a subir hasta que finalmente se estabilizó a mediados del Holoceno, hace unos 7000 años. Un milenio después, aparecieron los rudimentos de las primeras civilizaciones. Esta estabilización del nivel del mar contribuyó significativamente al rápido advenimiento de la cultura neolítica, permitiendo un aumento dramático en la productividad del margen costero, lo que resultó en una mayor disponibilidad de alimentos de alta calidad necesarios para el desarrollo de estilos de vida urbanos. Este margen costero incluye la plataforma continental, las zonas de afloramiento cercanas a la costa, los estuarios y las planicies de inundación de los ríos inferiores afectados por los niveles de las aguas costeras<sup>31</sup>.

Apoyándose en la observación actual del impacto ambiental de origen humano, pero también en las interacciones pasadas entre las antiguas sociedades y la variabilidad hidroclimática regional y estacional, el estudio de Steffen afirma que la producción agrícola y los suministros de agua son especialmente vulnerables a los cambios que ejerce el clima sobre las aguas superficiales, lo que lleva a extremos cálidos y secos o fríos y húmedos. El declive social, los colapsos civilizatorios, las migraciones y los reasentamientos, las reorganizaciones y los cambios culturales a menudo se asociaron con severas sequías regionales y con la megasequía global de hace 4200-3900 años, todo ocurriendo dentro de la relativa estabilidad del estrecho rango global de temperatura del Holoceno (de aproximadamente 1 °C). Esta particular vulnerabilidad de los sistemas agrícolas reside en el hecho de que están organizados en torno a los patrones del Holoceno, cuya productividad depende de una distribución espacial bien establecida y predecible de la temperatura y la precipitación en relación con la ubicación de los suelos fértiles, así como en una concentración particular de dióxido de carbono atmosférico. A partir de la sugerente pregunta “¿qué es lo que está en juego?”, Steffen y sus colegas afirman:

La comprensión actual sugiere que, mientras que una trayectoria de Stabilized Earth podría resultar en un equilibrio aproximado entre aumentos y disminuciones en la producción regional a medida que los sistemas humanos se adaptan, una trayectoria de Hothouse Earth probablemente excederá los límites de adaptación y resultará en una disminución general sustancial en la producción agrícola, un aumento de precios y aún más disparidad entre países ricos y pobres. Las zonas costeras del mundo, especialmente los deltas bajos y los mares, y los ecosistemas costeros adyacentes, son particularmente importantes para el bienestar humano. Estas áreas son el hogar de gran parte de la población mundial, la mayoría de las megaciudades emergentes y una cantidad significativa de infraestructura vital tanto para las economías nacionales como para el comercio internacional. Es casi seguro que una trayectoria de Hothouse Earth inundaría los entornos deltaicos, aumentaría el riesgo de daños por tormentas costeras y eliminaría los arrecifes de coral –y todos los beneficios que brindan a las sociedades– para fines de este siglo o antes<sup>32</sup>.

El análisis expuesto apunta a que el sistema Tierra puede estar acercándose a un punto de inflexión. De atravesarlo, retroalimentaciones biogeofísicas fuertes y difíciles de influir por la acción humana impulsarían al sistema terrestre a un rápido camino hacia las condiciones planetarias de la Hothouse Earth, una vía que no podría revertirse, dirigirse ni ralentizarse sustancialmente. “Es incierto dónde podría estar este umbral, pero podría estar solo dentro de unas décadas con un aumento de 2 °C por encima de la temperatura preindustrial, y por lo tanto podría estar dentro del rango de objetivos de temperatura del Acuerdo de París”, señalan en el estudio.

Y agregan:

Los impactos de una vía a la Hothouse Earth en las sociedades humanas probablemente serían masivos, a veces abruptos e indudablemente disruptivos. Evitar este umbral mediante la creación de un camino de Stabilized Earth solo puede lograrse y mantenerse mediante un esfuerzo coordinado y deliberado de las sociedades humanas para gestionar nuestra relación con el resto del sistema Tierra, reconociendo que la humanidad es un componente integral e interactivo del sistema. Esta se enfrenta ahora a la necesidad de decisiones y acciones críticas que podrían influir en nuestro futuro durante siglos, si es que no milenios.

Steffen y sus colegas del GTA y el IGBP aconsejan que se necesita una transformación profunda basada en una reorientación fundamental de los valores humanos, la equidad, el comportamiento, las instituciones, las economías y las tecnologías. Pero aun así ese camino implicaría cambios considerables en la estructura y el funcionamiento del sistema Tierra, lo que sugiere que las estrategias de creación de resiliencia deben tener mucha más prioridad que lo que tienen en la actualidad en lo que hace a la toma de decisiones. “Están surgiendo algunas señales de que las sociedades están iniciando algunas de las transformaciones necesarias. Sin embargo, estas transformaciones aún se encuentran en etapas iniciales”, advierten.

El 20 de agosto de 2018, catorce días después de que la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos publicara *Trajectories of the Earth System in the Anthropocene*, Greta Thunberg, una niña de por entonces quince años, inició una protesta frente al Parlamento sueco con una pancarta que decía “Huelga escolar por el clima”. Ese verano una ola de calor afectó a gran parte del país nórdico, lo que originó cerca de cincuenta incendios forestales que arrasaron con veinte mil hectáreas. ¿Cuál era su reclamo? Que el Gobierno sueco redujera las emisiones de carbono de acuerdo a lo establecido en el Acuerdo de París. Casi dos meses después, el 8 de octubre, el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático publicaba su Informe Especial sobre Calentamiento Global de 1.5 (SR15). Este, preparado por 91 autores de cuarenta países, y con más de seis mil referencias científicas, indicaba: “Es probable que el calentamiento global alcance los 1.5 °C entre 2030 y 2052 si continúa



aumentando al ritmo actual”, con graves consecuencias adversas para las poblaciones que “dependen de medios de subsistencia agrícolas o costeros”, algo que se agravará “a medida que aumente el calentamiento global”. Ese mismo mes nació en Reino Unido el agrupamiento Extinction Rebellion con la exigencia al Parlamento británico de que declare la emergencia climática. Para entonces Greta ya encabezaba un nuevo movimiento, Fridays for Future, que convocó a las Global Climate Strikes en marzo, mayo, septiembre y noviembre de 2019. Durante la semana de acción climática del 20 al 27 de septiembre se movilizaron más de siete millones de personas -principalmente jóvenes- en 185 países, con la participación activa de 73 sindicatos y 820 organizaciones civiles, convirtiéndose en la protesta mundial coordinada más grande de la historia desde las manifestaciones contra la guerra de Irak en 2003. Poco más de un mes después, el 5 de noviembre, 11 258 científicos de 153 países (entre ellos más de 1800 latinoamericanos) publicaron una carta en la revista *Bioscience*, perteneciente al Instituto Americano de Ciencias Biológicas, en la que declararon “de manera clara e inequívoca que el planeta Tierra enfrenta una emergencia climática”<sup>33</sup>. Algunos meses después, el 11 de marzo de 2020, la Organización Mundial de la Salud declaró que el brote de coronavirus que pudo haberse originado en Wuhan, China, ya se había convertido en una pandemia. Con más de seis millones de muertos en dos años, la peor recesión desde la Segunda Guerra Mundial con una contracción económica del 3 % y un aumento de la pobreza en el planeta por primera vez en una generación, este trágico acontecimiento ha expuesto con brutalidad la fragilidad de nuestra sociedad cuando cruza algunas fronteras ecológicas.

## LA GENEALOGÍA

### 4. Un acontecimiento extraordinario

Entre el martes 22 y el viernes 25 de febrero del 2000, en la ciudad mexicana de Cuernavaca, a ochenta y cinco kilómetros al sur de la capital azteca, se realizó la reunión anual del comité científico del Programa Internacional Biósfera Geósfera (IGBP). Fue aquí en donde la aventura epistemológica del Antropoceno tuvo su gran impulso justamente a partir de una inesperada reacción espontánea.

El IGBP nació en 1986 de la mano del Consejo Internacional de Ciencias (ICSU), que le dio el mandato de “describir y comprender los procesos físicos, químicos y biológicos que regulan todo el sistema Tierra, el ambiente único que proporciona para la vida, los cambios que están ocurriendo en este sistema y la forma en que estos cambios están influenciados por las actividades humanas”<sup>34</sup>. Juan Roederer, por entonces directivo de la Unión Geofísica Americana y miembro activo del ICSU, lo calificó como “el programa de cooperación científica internacional más grande, complejo y ambicioso jamás organizado”<sup>35</sup>. Hans Schellnhuber, director del Instituto Potsdam para el Impacto Climático (PIK), aún hoy lo recuerda como “una de las iniciativas de investigación multilateral más exitosas de todos los tiempos”<sup>36</sup>. En los albores del nuevo milenio y alejado de los templos académicos convencionales, el comité científico del IGBP se reunía en Cuernavaca, “la ciudad de la eterna primavera”, para hacer una revisión de su primera década de investigación. Grande sería, para todos, la sorpresa que esta congregación incubaba.

En la soleada tarde de un día agotador, unas cincuenta personas, entre directivos y personal especializado, se encontraban reunidos en una pequeña sala de conferencias sin aire acondicionado. Escuchaban con atención la presentación del informe de la presidencia del proyecto Past Global Change (Pages). Basado en el registro detallado de la dinámica del sistema Tierra, este proyecto se encargó de brindar una comprensión cuantitativa del clima y el ambiente del pasado planetario con el fin de obtener mejores predicciones de tendencias futuras. Entonces, un químico atmosférico de sesenta y siete años, encorvado y bonachón, comenzó a mostrarse evidentemente incómodo con la presentación. Con creciente exasperación, este premio nobel escuchaba sobre cómo los parámetros ambientales

globales habían cambiado drásticamente en las últimas décadas, mientras los expositores hacían referencia a la época geológica del Holoceno para establecer el marco de su análisis. El hombre, que cinco años antes había sido galardonado por explicar cómo la capa de ozono estaba siendo destruida por aerosoles químicos industriales, ahora se movía nervioso en su asiento por la insistente mención. Cuando Paul Crutzen escuchó la palabra una vez más, perdió la paciencia y se dejó llevar por un ingenuo impulso. “Dejen de usar esa palabra. Ya no estamos más en el Holoceno”, interrumpió al expositor. Sin embargo, Crutzen frenó de golpe su intervención. Su arrebato no había sido premeditado y ahora todos los ojos estaban puestos en él, por lo que atinó a balbucear: “Estamos en... en...”, y haciendo un ademán, como si buscara la palabra correcta, remató: “Estamos en el Antropoceno”.

La perplejidad en el auditorio se hizo evidente con un silencio incómodo. Pero este le dio paso a una gran discusión que debió ser momentáneamente suspendida para que el presidente de Pages pudiese continuar con su presentación. Schellnhuber y Steffen fueron testigos de este hecho, posteriormente considerado como legendario en la historia del concepto. Según el físico alemán, Crutzen —uno de los científicos naturales más citados en el mundo— hizo su intervención “de una manera casi tímida, como si la idea hubiera cruzado por su mente espontáneamente. Y, sin embargo, a partir de ese momento se viralizó una palabra que personifica como ninguna otra la relación contemporánea y precaria entre la humanidad y la naturaleza”. Steffen hace memoria. Los detalles de la reunión están en los archivos del IGBP en Estocolmo, resguardados por la Real Academia de Ciencias de Suecia, que cobijó durante años la sede de la secretaría de este programa de investigación. Pero Steffen, norteamericano residente en Australia, no ha podido viajar a Suecia desde hace dos años debido a las restricciones del covid-19. Sin embargo, el acontecimiento de Cuernavaca dejó una profunda marca en él: como presidente del IGBP y organizador del encuentro, “estaba ansioso por aprender de las ideas del comité”. Sin embargo, no puede evitar reconocer que la interjección de Crutzen fue ciertamente una sorpresa para él:

Fue uno de esos momentos en los que se desafía la forma en que enmarcamos nuestro esfuerzo de investigación, por lo que ciertamente me dio a mí y a muchos otros bastante en qué pensar. Mi primera reacción fue que el Antropoceno era una forma brillante de capturar en una sola palabra todos los impactos humanos en el sistema Tierra que habíamos estado estudiando en el IGBP<sup>37</sup>.

Poco después del encuentro de Cuernavaca, evento que contribuyó a la planificación de una gran conferencia internacional bautizada *Challenges of a Changing Earth* (2001), Steffen y Crutzen se reunieron en la capital sueca de forma regular durante algunas semanas para intercambiar opiniones sobre el Antropoceno: “Discutí cómo el concepto podría desarrollarse más dentro del trabajo del IGBP. Como prueba de ello, verás que el concepto del Antropoceno aparece en el libro síntesis del IGBP: *Global Change and the Earth System: A Planet Under Pressure*, publicado a principios de 2004”.

Este trabajo, coordinado por Steffen, incluye las firmas de otros diez hombres y mujeres de ciencia, entre ellos Katherine Richardson y el propio Schellnhuber, posteriores coautores de *Trajectories of the Earth System in the Anthropocene*. En *Global Change and the Earth System* todos ellos dicen:

El planeta ahora está dominado por actividades humanas. Los cambios humanos en el sistema Tierra son múltiples, complejos, interactivos, a menudo exponenciales en velocidad y globalmente significativos en magnitud. Afectan a todos los componentes del sistema planetario: tierra, zona costera, atmósfera y océanos. Las fuerzas humanas que impulsan estos cambios, tanto inmediatos como definitivos, son igualmente complejas, interactivas y, con frecuencia, están teleconectadas en todo el mundo. La magnitud, la escala espacial y el ritmo del cambio inducido por el hombre no tienen precedentes. Hoy en día, la humanidad ha comenzado a igualar e incluso superar

algunas de las grandes fuerzas de la naturaleza al cambiar la biosfera y afectar otras facetas del funcionamiento del sistema Tierra. En términos de ciclos de elementos fundamentales y algunos parámetros climáticos, los cambios impulsados por el hombre están empujando al sistema Tierra fuera de su rango operativo normal. Además, las estructuras de las biosferas terrestres y marinas se han visto significativamente alteradas directamente por las actividades humanas. No hay evidencia de que el sistema Tierra haya experimentado previamente estos tipos, escalas y tasas de cambio. El sistema Tierra se encuentra ahora en una situación no analógica, mejor conocida como una nueva era en la historia geológica de la Tierra, el Antropoceno<sup>38</sup>.

Como es evidente, la incursión de Crutzen en la redefinición de la historia planetaria fue determinante para que la comunidad científica del IGBP adoptara este término rápidamente como un concepto central que estructuraría gran parte de su trabajo. Sin embargo, acogió la expresión como una época geológica de facto que sucedía al Holoceno pese a la poca comprensión de los prolongados y elaborados protocolos necesarios para cambiar formalmente cualquier parte de la escala geológica de tiempo. Tuvieron que pasar ocho años luego de Cuernavaca para que la comunidad geológica, al dar cuenta del uso cada vez mayor del término, recogiera el guante y comenzara a analizarlo seriamente para ver si realmente podía satisfacer todos los protocolos. Sin embargo, aun con este desconocimiento, la intuición teórica de Crutzen era correcta y estaba lo suficientemente fundamentada. El enfoque de las ciencias integradas del sistema Tierra aplicado a los procesos planetarios demostró que las condiciones típicas del Holoceno, es decir, aquellas que en los últimos seis mil años de historia geológica posibilitaron la aparición de las sociedades humanas complejas, ya no se corresponden con las de la actualidad. Los estudios de Crutzen sobre el ozono lo habían encaminado en esta perspectiva. En su discurso de aceptación del Nobel en 1995 dijo que su investigación lo había convencido de que el balance de fuerzas en la Tierra había cambiado dramáticamente: “Las actividades humanas habían crecido tanto que podían competir e interferir con los procesos naturales”<sup>39</sup>. Los resultados del proyecto Past Global Change en Cuernavaca confirmaron sus conclusiones, y ese momento heurístico del Antropoceno como concepto no fue más que el inevitable resultado final de todo un complejo proceso de elaboración.

## 5. La travesía del holandés errante

El 28 de enero de 2021 el corazón de Paul Crutzen, de ochenta y siete años, dejó de latir definitivamente. Dejó una esposa, dos hijas y tres nietos. Autor de trescientos sesenta artículos revisados por pares, ciento treinta y cinco publicaciones en revistas de investigación y quince libros, este ingeniero civil reconstruido como químico atmosférico alcanzó notoriedad varias veces en su vida. “Puede parecer extraordinario que la vida de una persona y, como consecuencia, la vida de tantas otras, pueda ser remodelada tan radicalmente por un momento de irritación”, dijeron Zalasiewicz, Steffen y Waters cuando despidieron a su amigo desde las páginas de la prestigiosa revista *Scientific American*. “Pero con Paul Crutzen, uno de los más grandes científicos de su tiempo, de todos los tiempos, lo extraordinario se había convertido en lo habitual”<sup>40</sup>.

Nacido en Ámsterdam, Holanda, el 3 de diciembre de 1933, a sus doce años Crutzen ya era un sobreviviente del infame “invierno del hambre”, acontecimiento desencadenado por la ocupación nazi de los Países Bajos en el que fallecieron por inanición unas veinte mil personas, incluidos algunos de sus amigos de la escuela<sup>41</sup>. Tras la reconstrucción europea, Crutzen se instaló en Suecia, donde tuvo la oportunidad de ingresar al mundo académico gracias a un trabajo como programador de computadoras en el Instituto de Meteorología de la Universidad de Estocolmo. Fue aquí, a través de su doctorado, que tomó contacto con el desconocido tema del ozono estratosférico. Mientras intentaba explicar la distribución de este gas a diferentes alturas, descubrió que los óxidos de nitrógeno pueden catalizar reacciones que destruyen el ozono y advirtió que las emisiones liberadas por flotas de

aviones supersónicos dañarían la capa que nos protege de la radiación solar ultravioleta. Un presagio de lo que se daría a conocer en 1985, cuando un estudio del British Antarctic Survey anunció el descubrimiento de un enorme agujero en esta capa sobre la Antártida.

Crutzen también fue el primero en advertir sobre la posibilidad de un invierno nuclear. En la década de 1970 estableció un programa de investigación estratosférica para la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) de Estados Unidos. Para entonces ya estaba instalado en Boulder, Colorado, en donde trabajaba para el Centro Nacional de Investigación Atmosférica. Los resultados de su investigación durante este período lo motivaron a estudiar los impactos de las tormentas de fuego que se desencadenarían en un conflicto nuclear. El carbón negro en el humo de estos incendios absorbería la energía de la luz solar y elevaría las columnas de humo a mayores altitudes, extendiendo su vida útil y enfriando la superficie de la Tierra.

Crutzen se lanzó al debate público en la década de 1980 como director del Instituto Max Planck de Química, en Mainz, Alemania, en donde se volvió a radicar. Su compromiso con la investigación científica solo se comparó con su gran generosidad, lo que se vio en su notable predisposición para asociarse libremente en pos de una causa justa. Colaboró con John Birks, Richard Turco y Carl Sagan para advertir sobre el invierno nuclear. Esto sentó un estimulante precedente para que, en 1987, Mijaíl Gorbachov, secretario general de la Unión Soviética, firmara un acuerdo de control de armas nucleares con Ronald Reagan, presidente de Estados Unidos. Crutzen se asoció también con Mario Molina y Sherwood Rowland, con quienes recibió el Nobel de Química en 1995, para advertir sobre cómo los aerosoles químicos dañan la capa de ozono, sumándose a los exitosos esfuerzos globales para prohibirlos a través del Protocolo de Montreal.

El 8 de diciembre de 1995, durante su premiación, pronunció su discurso *My Life with O<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub> and Other YZO<sub>x</sub>s* en el que explicó:

Aunque comencé mi carrera científica con la ambición de realizar investigaciones básicas relacionadas con los procesos naturales, las experiencias de principios de la década de 1970 me dejaron muy claro que las actividades humanas habían crecido tanto que podían competir e interferir con los procesos naturales. Desde entonces, este ha sido un factor importante en mis esfuerzos de investigación.

Las contribuciones científicas y públicas de Paul Crutzen a la comprensión de temas de importancia crítica fueron demasiadas, y algunas demasiado críticas. En 2006 evaluó la gestión de la radiación solar mediante la inyección deliberada de azufre en la estratosfera. "Paul me envió el *preprint* entonces, argumentando que se trataba de un lanzamiento de *ultima ratio* contra el calentamiento global antropogénico", explica Schellnhuber, haciendo uso de una expresión latina que se traduce como 'último argumento'. "Respondí de una manera bastante escéptica, aunque seguimos siendo amigos".

Luego de Cuernavaca, al descubrir que el biólogo marino y profesor de la Universidad de Michigan Eugene Stoermer ya había usado la expresión Antropoceno a comienzos de los años ochenta, aunque informalmente y con otro sentido, Crutzen lo invitó a redefinir su significado. Lo hicieron inmediatamente y divulgaron el concepto en el boletín de comunicaciones N° 41 del IGBP, de mayo de 2000, sin jamás haberse conocido en persona. Cuando en 2009 la Subcomisión de Estratigrafía del Cuaternario convocó a la formación del Grupo de Trabajo del Antropoceno para examinar la posible formalización de esta nueva época, Crutzen apareció como el primer miembro firmante en una lista que comparte con sus colegas Zalasiewicz, Steffen y otros trece especialistas.

En diciembre de 2013, cuando el Instituto Max Planck celebró los ochenta años de Crutzen, este propuso el Antropoceno como tema central. Expusieron un total de diez

investigadores de alto rango, tales como Mario Molina y Veerabhadran Ramanathan, quienes presentaron sus ideas sobre este campo. Además, cuatro funcionarios de Estado, incluyendo a la ministra de Educación de Alemania, le rindieron homenaje. Colegas recuerdan este acontecimiento como "un punto culminante" de su carrera.

Varios de esos científicos se volvieron a reunir con Crutzen en 2015 en la Pontificia Academia de Ciencias del Vaticano, para colaborar en la preparación de la disruptiva encíclica del papa Francisco sobre ecología integral *Laudato sí*. Johan Rockström, autor del estudio sobre los límites ecológicos del planeta, calificó este documento como "firmemente arraigado en la ciencia" y "el más importante del Vaticano en más de diez años", ya que "reconoce la necesidad de medidas urgentes, en tanto el mundo enfrenta un cambio climático potencialmente catastrófico".

La salud deteriorada de Crutzen no fue impedimento para mantener su interés en el principal objeto de su trabajo. En 2018, cuando el GTA decidió sesionar en Mainz, este holandés errante ya lucía frágil. Sin embargo, aunque se había ausentado tres semanas de su oficina, de todas formas, se presentó durante dos largos días de pruebas detalladas y debates. Zalasiewicz, Waters y Steffen rememoran en su despedida.

No parecía posesivo en lo más mínimo acerca de su creación. Pero apoyaba y alentaba infaliblemente el trabajo que se estaba realizando, incluso cuando las minucias procedimentales del trabajo de escala temporal geológica iban en contra de su propia rapidez y claridad. No todos los grandes científicos son agradables y buenos. Crutzen lo era. Lo extrañaremos terriblemente como persona y tendrá una presencia profundamente importante en la ciencia, incluso mientras continúa la revolución que inició.

## 6. Prometeo desencadenado

En la mitología griega, Prometeo es considerado el maestro de la humanidad. Este titán, que sobrevivió a la guerra con los dioses y trabó amistad con ellos, se sintió conmovido por el miserable trato que los humanos recibían por parte del Olimpo. En sus obras, tanto Hesíodo como Esquilo presentan a los dioses como enemigos de la raza humana, que vive atormentada por las inclementes y ciegas fuerzas de la naturaleza. Entonces, Prometeo robó el fuego sagrado de los dioses y se lo dio a los humanos para que puedan abrirse camino en medio de la oscuridad. Les enseñó a utilizar sus sentidos, a observar los fenómenos solares y meteorológicos, y los educó en la metalurgia y la domesticación de plantas y animales. Por supuesto, la cólera de Zeus no se hizo esperar. El rey del Olimpo ordenó encadenar al noble titán en la cima del monte Elbrús, en el Cáucaso, el punto más alto de Europa. Un águila roería sus tripas, que se regenerarían permanentemente para sostener el eterno castigo. El mito de Prometeo simboliza la tragedia que sacude a la humanidad en su travesía por este mundo. Alguien debe pagar por el acto civilizatorio de la cultura humana.

Algunas pocas semanas antes de Cuernavaca, el físico teórico Hans Schellnhuber, "camarada de pensamientos" de Paul Crutzen, publicó en *Nature* un ensayo sobre el emergente campo de las ciencias integradas del sistema Tierra. Allí rescata la figura de Prometeo haciendo uso de una vieja tradición que consiste en decorar con figuras mitológicas el exhibidor de los trofeos de la ciencia moderna, algo muy evidente en astronomía, química y medicina, con el planeta Júpiter (Zeus), el amoníaco (Amón) y el complejo de Edipo, como ejemplos muy conocidos. Si James Lovelock y Lynn Margulis reivindicaron a Gaia en referencia a la vida como una fuerza geológica determinante, y Michael Rampino hizo lo mismo con Shiva, la divinidad hindú de la destrucción, ahora, "luego de cuatro mil millones de años en la historia de la Tierra, surge su tercer poder planetario, un desafío para aquellas dos fuerzas intransigentes: la civilización humana. Quedémonos con las imágenes mitológicas y llamemos a este poder Prometeo"<sup>42</sup>.

Cuando en mayo de 2000 Crutzen y Stoermer presentaron su moción a la comunidad científica del IGBP, lo hicieron señalando que les parecía “más que apropiado enfatizar el papel central de la humanidad en la geología y la ecología, proponiendo utilizar el término Antropoceno para la época geológica actual”. Para establecer un marco temporal más específico, optaron por “la última parte del siglo XVIII”, aunque aclararon:

Somos conscientes de que se pueden hacer propuestas alternativas (algunas incluso pueden querer abarcar todo el Holoceno). Sin embargo, elegimos esta fecha porque durante los dos últimos siglos los efectos globales de las actividades humanas se han vuelto claramente perceptibles. Este es el período en el que los datos recuperados de los núcleos de hielo de los glaciares muestran el comienzo de un crecimiento en las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero, en particular dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y metano (CH<sub>4</sub>). Esa fecha también coincide con la invención por parte de James Watt de la máquina de vapor en 1784<sup>43</sup>.

Pero la investigación continua dentro de la comunidad del IGBP llevó a una nueva definición: la Gran Aceleración, la transformación más rápida y radical de la relación humana con la naturaleza a mediados del siglo XX. Este nuevo concepto se utilizó por primera vez durante la Conferencia de Dahlem de 2005, en Berlín, sobre la historia de la relación entre la humanidad y la naturaleza, en un grupo de trabajo dirigido por Will Steffen y en el que también participaron Paul Crutzen y el historiador ambiental John McNeill. Como bien señalan en *Decadal-scale interactions of humans and the environment* (2006), un apartado de la síntesis de la conferencia:

Desde 1950, se han producido cambios dramáticos e, incluso, cambios en las tasas y retroalimentaciones de la empresa humana y sus señales ambientales asociadas. Los procesos humanos primarios que han causado alteraciones en las tasas de cambio (aceleración o desaceleración) pueden definirse en términos generales como cambios en el conocimiento humano, la ciencia y la tecnología, el desarrollo de los sistemas de energía, las poblaciones humanas y su demografía, la producción y el consumo, y las estructuras e instituciones políticas y económicas (es decir, la economía política)<sup>44</sup>.

Al año siguiente el término Gran Aceleración fue utilizado por primera vez en la literatura científica, en un artículo publicado por Steffen, Crutzen y McNeill bajo el título *The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature?* (2007). Allí se lo consideró como una segunda parte del Antropoceno, después de la Revolución industrial. Dicen:

Exploramos el desarrollo del Antropoceno, la época actual en la que los humanos y nuestras sociedades se han convertido en una fuerza geofísica global. El Antropoceno comenzó alrededor del 1800 con el inicio de la industrialización, cuya característica central fue la enorme expansión en el uso de combustibles fósiles. Usamos la concentración de dióxido de carbono atmosférico como un indicador único y simple para rastrear la progresión del Antropoceno. Desde un valor preindustrial de 270-275 ppm, el dióxido de carbono atmosférico se elevó a alrededor de 310 ppm en 1950. Desde entonces, la empresa humana ha experimentado una explosión notable, la Gran Aceleración, con consecuencias significativas para el funcionamiento del sistema Tierra. La concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico ha aumentado de 310 a 380 ppm desde 1950, y aproximadamente la mitad del aumento total desde la era preindustrial ocurrió en los últimos 30 años. La Gran Aceleración está llegando a la criticidad. Pase lo que pase, las próximas décadas seguramente serán un punto de inflexión en la evolución del Antropoceno.<sup>45</sup>

Al año siguiente de esta publicación la comunidad geológica abordó por primera vez de manera formal el contexto del Antropoceno a través del informe preliminar presentado por

Zalasiewicz. Sin embargo, los especialistas han hecho una nueva redefinición sobre el Antropoceno, una precisión cronológica importante. Hoy, la mayoría del GTA argumenta con firmeza que el Antropoceno comenzó, no con la Revolución industrial, sino con la Gran Aceleración, el extraordinario consumo humano de energía y los impactos geológicos correspondientes que datan desde 1950:

El crecimiento de los conductores fundamentales –uso de energía, productividad económica y población– puede proporcionar indicaciones cuantitativas del límite propuesto entre la época del Holoceno y el Antropoceno. El gasto humano de energía en el Antropoceno (22 zetajoules) supera el de los 11 700 años anteriores del Holoceno (14,6 zetajoules), en gran parte a través de la quema de combustibles fósiles. El efecto del calentamiento global durante el Antropoceno es aún mayor en un orden de magnitud. La población mundial, su productividad y consumo de energía, y la mayoría de los cambios que afectan el ambiente global están altamente correlacionados. Este extraordinario estallido de consumo y productividad demuestra cómo el sistema Tierra se ha apartado de su estado del Holoceno desde 1950, forzando abruptos cambios físicos, químicos y biológicos en el registro estratigráfico de la Tierra, que pueden servir para justificar la propuesta de nombrar una nueva época: el Antropoceno<sup>46</sup>.

Desde que el término entró en circulación en el debate académico internacional, el Antropoceno ha sido utilizado por un arco mucho mayor de intelectuales, especialmente dentro de las humanidades y las ciencias sociales y ambientales. Sin embargo, su naturaleza y la conexión con las actividades antropogénicas han causado particular confusión y cierto desacuerdo, planteando, como vimos más arriba, preocupaciones u objeciones a su formalización. La noción de que la humanidad es un agente geomorfológico que altera la Tierra no es nueva en el pensamiento occidental, pero siempre fue rechazada por considerarse dicho impacto demasiado insignificante en comparación con las grandes fuerzas de la naturaleza. De hecho, Crutzen y Stoermer no fueron los primeros en hacer referencia al concepto del Antropoceno ni en usar esta expresión. La creciente influencia de la humanidad en el ambiente ya había sido reconocida en la segunda mitad del siglo XIX y sugerida en el XVIII. Incluso, pensadores de la Antigüedad como Lucrecio atribuían el desgaste de la tierra al peso de una población humana en crecimiento. En 1854, el geólogo galés Thomas Jenkyn llamó “antropozoicas” a las rocas formadas desde el poblamiento inicial de la Tierra, y el geólogo irlandés Samuel Haughton usó en 1856 la misma expresión para nombrar la época en la que vivimos. En 1864 el norteamericano George Marsh publicó *Man and Nature* (reimpreso en 1874 como *The Earth As Modified by Human Action*) en donde documentó por primera vez un enfoque sobre las transformaciones que los humanos ejercían en el ambiente, aunque su estudio se expresó en términos geográfico-ambientales y no geológicos. A su vez, el darwinista alemán Ernest Haeckel en 1868 habló del “período antropozoico” para definir la “era del hombre”, que consideró equivalente al Cuaternario, periodo caracterizado por “el desarrollo y la dispersión de los organismos humanos y su cultura”. Así fue como en 1873 el geólogo italiano Antonio Stoppani recogió este legado para producir una visión sintética de la nueva era, el Antropozoico, caracterizada por “una nueva fuerza telúrica, que en poder y universalidad puede compararse con las mayores fuerzas de la Tierra”. Poco después, en 1896, el físico y químico sueco Svante Arrhenius calculó que duplicar la cantidad de CO<sub>2</sub> en el aire calentaría el planeta unos 6 °C (aunque en 1908 lo modificó a 4 °C) y observó que la quema de carbón por parte de la industria emitiría suficiente CO<sub>2</sub> como para calentar la atmósfera de manera cuantificable.

Posteriormente, la capacidad de transformación de los seres humanos y el cambio ambiental en la geología del pasado se combinarían con la clasificación de los estratos geológicamente “recientes”, como el Holoceno. Este término fue adoptado después del Tercer Congreso Geológico Internacional, realizado en 1885 en Bolonia, aunque fue propuesto por Paul Gervais en la década de 1860 para reemplazar el 'Reciente' que Charles Lyell, padre de la geología moderna, había acuñado en 1833. En el análisis del Holoceno se

observó que las fuerzas geológicamente definitorias estaban marcadas por el calentamiento pospleistocénico de los glaciares y el aumento del nivel del mar. Sin embargo, también se reconoció que las actividades y huellas humanas abundantes localmente formaban parte de la caracterización holocénica. De hecho, todo el período Cuaternario, que representa ampliamente la Edad del Hielo, fue reconocido como el momento en que el género humano se diversificó, aunque en su mayoría permaneció ecológica y geológicamente insignificante. En 1922 el geólogo soviético Aleksei Petrovich Pavlov propuso el término Antropógeno –a veces transcrito como Antropoceno– para nombrar el tiempo transcurrido desde que los primeros humanos evolucionaron, por lo que se utilizó como reemplazo del término Cuaternario (período compuesto por el Pleistoceno y el Holoceno). Las palabras antropógeno y antropoceno fueron utilizadas por los geólogos y geoquímicos soviéticos hasta mediados del siglo XX, aunque nunca fueron aceptadas en el resto del mundo. De hecho, la palabra “antropoceno” apareció por primera vez en inglés en 1973 en un artículo del geólogo soviético E. V. Shantser sobre “El sistema antropogénico (período)” en *The Great Soviet Encyclopedia*, en donde se refería a la introducción hecha por Pavlov en la década de 1920. Dos años después de que Pavlov acuñara el término Antropógeno, otro soviético, el geoquímico Vladimir Vernadsky, junto a los franceses Teilhard de Chardin y Edouard Le Roy, acuñó el término noósfera, el mundo del pensamiento, para marcar el papel cada vez mayor que desempeñan la capacidad intelectual y los talentos tecnológicos en la configuración de su entorno. Si bien el término “biósfera” fue acuñado por el fundador de la edafología, Vasili Dokucháyev, fue su discípulo Vernadsky quien lo popularizó a través de su obra célebre *La Biósfera* (1926), en donde presentó a la vida como una fuerza geológica que da forma al planeta. Por este hecho, varias décadas después Vernadsky será reconocido como el padre de la ecología global y una figura determinante para la posterior aparición de las ciencias integradas del sistema Tierra. Lamentablemente, la revolución vernadskiana fue invisible durante gran parte del siglo XX y la obra de Le Roy fue eclipsada y olvidada. Sin embargo, a partir de la década de 1950 la idea de la humanidad como una fuerza geológica comienza a resurgir, principalmente a través del redescubrimiento de la obra de George Marsh. En la década de 1980 el limnólogo Eugene Stoermer acuñó el término Antropoceno de manera informal en sus clases. En 1992 el periodista científico Andrew Revkin usó el término Antroceno en *Global Warming: Understanding the Forecast* para referirse a un “nuevo período posterior al Holoceno” caracterizado “por su elemento causal: nosotros”. En 1995, en *Biological Invasion as a Global Change*, Susan Hassol y John Katzenberger acuñaron el término Homogoceno, para referirse a la era moderna “en que la flora y la fauna del mundo están siendo homogeneizadas por los humanos”, y en 1998 el entomólogo Michael Samways en *Translocating Fauna to Foreign Lands: Here Comes the Homogenocene* acuñó el término Homogenoceno para resaltar la escala sin precedentes y la naturaleza transglobal de las invasiones de especies. Dos años después tendría lugar la irrupción de Crutzen en Cuernavaca, que lo llevó a redefinir el término Antropoceno junto a Stoermer en su última y más aprobada acepción<sup>47</sup>.

## LA CONTROVERSIA

### 7. El Antropoceno en los dominios de Babel

Como vimos, el origen del concepto Antropoceno está en las ciencias naturales, con importantes antecedentes en la geología y una redefinición contemporánea en las ciencias integradas del sistema Tierra que rápidamente entró en circulación en la academia y hoy está siendo analizada formalmente por la comunidad geológica. El Antropoceno es quizás el único término de periodización geológica que ha sido ampliamente debatido entre los estudiosos humanistas sin formación en estratigrafía, la rama de la geología que se ocupa de la ordenación de los estratos terrestres y su relación con el tiempo geológico. Es ilustrativo ver cómo ganó aceptación y un uso de crecimiento explosivo en tan poco tiempo. Según Clarivate Analytics –el índice de citas originales para la investigación científica y académica–, si bien en 2012 el término fue citado por 65 publicaciones, en 2018 la cifra había subido a



747, y en 2020 a 1240<sup>48</sup>. Hoy, mientras los profesionales de las geociencias escriben un nuevo capítulo en la historia de la Tierra al discutir los hechos duros de los estratos geológicos del Antropoceno, los representantes de las humanidades y las ciencias sociales intervienen en su narrativa con variadas interpretaciones, lo que ha iniciado un animado debate sobre las implicancias filosóficas, legales, estéticas, pedagógicas y culturales del Antropoceno. Estos debates son bienvenidos entre las diversas comunidades académicas. Sin embargo, también han forzado visiones demasiado diferentes del Antropoceno, especialmente cuando se interpretan a través de los distintos lentes disciplinares. A su vez, muchos de estos académicos, alejados de las ciencias naturales, no están involucrados ni informados sobre los aspectos científicos de los cambios en el sistema de la Tierra, por lo que reaccionan a la designación del Antropoceno dentro de la geocronología en términos puramente culturales y literarios. Según explican Clémence Hallé y Anne-Sophie Milon en *The Infinity of the Anthropocene: A (Hi)story with a Thousand Names* (2020), el amplio debate en torno al concepto ha llevado a que se acuñen más de cien términos alternativos, desde los de base ambiental a los fundados sociopolíticamente, que enfatizan aspectos particulares y, en diversos grados, se superponen con el Antropoceno<sup>49</sup>.

Tal como ocurrió con el emergente estudio del sistema Tierra, la tesis del Antropoceno penetra los límites disciplinares y desafía las líneas de demarcación establecidas dentro de la academia. Según la historiadora Julia Adeney Thomas, “la cacofonía resultante se puede destilar en tres tipos de narraciones”<sup>50</sup>. El primer tipo es catalogado por Thomas como *Anything Goes* (Todo vale), un enfoque caracterizado por cierto desprecio por la geología y las ciencias terrestres de parte de algunos representantes de las humanidades y las ciencias sociales. Para ellos el Antropoceno implica una amenaza a sus creencias más arraigadas sobre el lugar de la humanidad en el mundo, la producción de conocimientos y nuestro futuro. Este sector intenta calzar nuestra nueva realidad planetaria en las viejas categorías del Holoceno. Su enfoque es profundamente conservador, ya que mantiene la separación tradicional entre la condición de la Tierra tal como la entienden los científicos y el relato de humanistas y científicos sociales sobre los últimos doscientos años de humanidad. Los otros dos tipos de narración son *Democracy of Voices* (Democracia de voces) y *Singular Story* (Relato singular) que, a diferencia del grupo Todo vale, toman en serio la ciencia del sistema Tierra. Ambos reconocen el desafío fundamental que implica la nueva época para las formas tradicionales de pensar los valores y destinos humanos. También reconocen los límites ecológicos no negociables que nos impone el Antropoceno. La diferencia reside en el hecho de que mientras la *Singular Story* apunta a la síntesis interdisciplinaria a través de la “integración profunda del conocimiento de la ciencia biogeofísica del sistema Tierra con el de las ciencias sociales y las humanidades” (generando un mismo idioma para que la humanidad pueda ser incluida en los modelos computacionales a gran escala del sistema Tierra), *Democracy of Voices* argumenta que “nuestra mejor esperanza no es insistir en una sola narración, sino resaltar la diversidad de perspectivas que ha sido el punto fuerte de nuestra especie, así como el as de las humanidades y las ciencias sociales”. Esta multiplicidad conserva el pluralismo de construcción de resiliencia de diversas culturas, aunque solo en la medida en que lo justifiquen los límites planetarios.

Para Thomas, el grupo Todo vale es el más imaginativo de los tres: “Con una jocosidad desordenada que a menudo deja de lado las ciencias del sistema Tierra y la estratigrafía, los escritores han respondido con inventiva a la nueva palabra”. Algunos adoptan posturas defensivas, atacando la nueva época geológica como una amenaza existencial a su comprensión del mundo. Otros adoptan el término como “inspiración para una utopía ecomodernista donde continúan el crecimiento y el progreso infinitos, desvinculados del planeta biogeofísico”. Como “todo vale”, bien puede decirse que el Antropoceno es un concepto que tiene tantas definiciones como autores que escriben sobre él. A su vez, en este sector se han perfilado tres tipos de respuestas a la propuesta del Antropoceno, no necesariamente bien definidas entre sí: 1) desviar la atención del concepto enfocando la crítica en la expresión, 2) apropiarse del término para reafirmar los imperativos de la propia

disciplina y 3) endilgar a los científicos del Antropoceno la maliciosa intención de atribuir la culpabilidad moral a todos los seres humanos por igual por el daño hecho contra el planeta.

Desviar la atención del concepto centrándose en la palabra ha dado lugar a una vertiginosa multiplicación de términos alternativos: Termoceno (Sallantin, 2016), Mantropoceno (Raworth, 2014), Mixoceno (Zeller y Pauly, 2005), Chthuluceno (Haraway, 2015), Heteroceno (Schwäger, 2014), Tecnoceno (Hornborg, 2015), Socioceno (Ribbot, 2014), Plantacionoceno (Tsing, 2014), Homogenoceno (Curnutt, 2000), Tanatoceno (Bonneuil y Fressoz, 2016), Fagoceno (Bonneuil y Fressoz, 2016), Phronoceno (Bonneuil y Fressoz, 2016), Pyroceno (Pyne, 2015), Agnotoceno (Bonneuil y Fressoz, 2016), Econoceno (Norgaard, 2013), Capitaloceno (Malm, 2009), Angloceno (Bonneuil y Fressoz, 2016), Polemoceno (Bonneuil y Fressoz, 2016) y bromas obvias tales como Misanthropoceno (Patel, 2013) y Antrobsceno (Parikka, 2014). Según el GTA, “muchos de estos términos fueron acuñados para criticar el concepto de Antropoceno señalando sus deficiencias filosóficas o epistemológicas y destacando causalidades o efectos alternativos de los cambios actuales en el sistema Tierra”<sup>51</sup>. Se trata de un evidente rechazo al término “antropos” (cuya raíz griega significa “ser humano”), al que se le otorga solo un contenido biológico y no socioeconómico y cultural, por el temor a la idea de que todos los humanos seamos responsables de los impactos asociados con la industrialización moderna y la globalización.

Un ejemplo destacado es el de Andreas Malm, profesor de ecología humana en la Universidad de Lund, Suecia, quien acuñó en 2009 el seductor término Capitaloceno en una conversación con el sociólogo Jason Moore. En *The view from Dominica: Anthropocene or Capitalocene?* (2018), a propósito del desastroso paso del huracán María por la isla caribeña, Malm dijo: “Los habitantes de Dominica nunca han vivido en lo que se denomina el Antropoceno y sus acciones no pueden ser culpadas por causar daño al planeta. Sufren los embates de una época más apropiadamente denominada Capitaloceno”<sup>52</sup>. Tanto el propio Moore como la filósofa posmodernista Donna Haraway siguen la misma ruta, aunque le han dado al Capitaloceno significados bastante diferentes (algo que veremos en más detalle mucho más adelante). Moore, profesor de Historia Universal en la Universidad de Binghamton, Nueva York, dice en *The Rise of Cheap Nature* (2016) que el Antropoceno es “analíticamente anémico”, que es “un desastre conceptual e histórico” basado en “una visión neo-maltusiana de la población” e “interpretaciones históricas fantasiosas”<sup>53</sup>. Haraway, simultáneamente, ha innovado con el término alternativo Chthuluceno, que parece inspirado en el terrorífico monstruo multidimensional de H. P. Lovecraft, aunque ella aclara que se refiere a una especie de araña llamada Pimoc thulu.

Por supuesto, ninguno de todos los términos anteriormente señalados ha sido presentado formalmente a las autoridades de la comunidad geológica para su evaluación, ya que no podrían sortear los obstáculos que imponen las convenciones de nomenclatura de la disciplina. Gibbard, secretario general de la Comisión Estratigráfica Internacional (CEI), lo deja muy en claro:

No hemos considerado términos alternativos, ya que son inapropiados y nunca se nos han propuesto formalmente. Existe un proceso estricto para proponer y definir los términos utilizados en la escala de tiempo geológico que establece la CEI en nombre de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS). Los términos no pueden ser simplemente propuestos y aceptados sin ser evaluados y aprobados minuciosamente por votación democrática de los funcionarios de la CEI y ratificados por la IUGS. Cualquier definición de un intervalo de tiempo adicional debe reconocerse a partir de las rocas o depósitos formados durante ese intervalo y la caracterización debe basarse única y exclusivamente en la evidencia conservada solo en las rocas o depósitos. No se considera nada más.

En cada caso los autores de las propuestas alternativas simplemente agregan una palabra nueva delante del sufijo -ceno, creyendo que este significa “época” o “era”, lo que no es cierto. Este error puede explicarse en gran parte por la confusión que generó *Geology of Mankind* (Geología de la humanidad), el artículo de Paul Crutzen de 2002 publicado en *Nature*, en donde por primera vez se abordó el tema en una revista científica importante, y el epígrafe que se usa a menudo cuando se hace referencia al Antropoceno como “la era humana”. Es lo que se desprende, por ejemplo, del caso de Jason Moore en *Capitalism in the Web of Life* cuando dice: “Para la humanidad en la era del capitalismo histórico, la creación de ambiente ha alcanzado una etapa de desarrollo capaz de facilitar una nueva era geológica. A esto usualmente se le llama Antropoceno (‘era del hombre’), pero es más correcto llamarle Capitaloceno (‘era del capital’)”<sup>54</sup>.

El sufijo -ceno proviene del griego *kainos*, que significa “reciente”. Fue introducido por Charles Lyell en 1833 en su *Principles of Geology*, quien distinguió entre varias capas de roca, determinando las proporciones de fósiles extintos y no extintos que contenía cada una. Por ejemplo, las subdivisiones Mioceno, Plioceno y Pleistoceno propuestas por Lyell son épocas que pertenecen a la misma era geológica, el Cenozoico (en este término el sufijo -ceno se convierte en prefijo). Mio viene de *meios*, que significa “pocos”, por lo que podemos entender sin problemas que el Mioceno es una época geológica en cuya capa los registros fósiles recientes son pocos (un 18 % menos vertebrados que la época siguiente). Plio viene de *pleios*, que significa “más de lo mismo”, por lo que Plioceno es la época geológica en cuya capa los registros fósiles dominantes son una “continuación de lo reciente” (en referencia específica a la fauna de moluscos marinos que aún subsiste). Pleistoceno fue un término introducido por Lyell en 1839 para describir los estratos en Sicilia que tenían al menos el 70 % de su fauna de moluscos todavía viva. *Pleistos* significa “más nuevo”, por lo que Pleistoceno quiere decir época en cuya capa los registros fósiles dominantes son los más recientes. Como último intervalo, Lyell definió una época a la que simplemente llamó Reciente. Pero como vimos más arriba, en el Congreso Geológico Internacional de 1885 este término fue reemplazado por Holoceno, originalmente definido por Gervais “para los depósitos posdiluvianos que corresponden aproximadamente al período posglacial”. Holo significa “todo”, por lo que Holoceno se interpreta como la época geológica en donde los registros fósiles dominantes son “totalmente recientes”. Por lo tanto, como se podrá apreciar y contrariamente a lo que se suele creer, Antropoceno no significa “era humana” o “época de los humanos”. La combinación de *kainos* con *antropos*, siguiendo el planteamiento de Lyell, da lugar a una época en la que los registros fósiles dominantes son de origen humano reciente: radionucleidos, microplásticos, cenizas industriales, fertilizantes artificiales, entre otros. Hoy el GTA está analizando cuál de estos registros es el más indicado como marcador para la nueva época. Así, desde la perspectiva de la geología histórica y física el nombre Antropoceno es apropiado<sup>55</sup>.

Otra respuesta en el grupo Todo vale es la de apropiarse el término Antropoceno, pero para reafirmar los imperativos de la disciplina de cada autor. Este subsector renuncia al juego de palabras, pero toma distancia de las geociencias, específicamente de la estratigrafía y su base científica, en lugar de apoyarse en ellas. Por ejemplo, en *Against the Grain: A Deep History of the Earliest States* (2017), el antropólogo y politólogo James Scott recurre a un “Antropoceno delgado” en alusión al “uso del fuego por el *Homo erectus* hace aproximadamente medio millón de años y que se extiende a través de los desmontes para la agricultura, el pastoreo, la deforestación y la sedimentación”. Sin embargo, como él mismo admite, “no hay ninguna razón particular para insistir en la etiqueta ‘Antropoceno’”. Su objetivo es “insistir en el impacto ambiental global de la domesticación del fuego, las plantas y los animales de pastoreo”<sup>56</sup> y no reorganizar la escala de tiempo geológico. Por su parte, los arqueólogos Bruce Smith y Melinda Zeder en *The onset of the Anthropocene* (2013) afirman:

La domesticación inicial de plantas y animales, y el desarrollo de economías y paisajes agrícolas se identifican como el comienzo de la época del Antropoceno. Dado que esta transición a la producción de alimentos se produjo inmediatamente después del Límite Pleistoceno-Holoceno, el Antropoceno puede considerarse coetáneo con el Holoceno<sup>57</sup>.

Otra variante enfatiza los efectos atmosféricos y climáticos inferidos de la agricultura temprana para dar lugar a un Antropoceno “informal” o “temprano”. En *The early anthropogenic hypothesis: A review* (2020), William Ruddiman, Feng He, Stephen Vavrus y John Kutzbach dicen: “Los primeros humanos agrícolas transformaron el planeta Tierra agregando dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a la atmósfera por la deforestación desde hace 7000 años y al agregar metano (CH<sub>4</sub>) a la atmósfera mediante el cultivo de arroz húmedo y el cuidado del ganado desde hace 5000 años”<sup>58</sup>.

En el campo de las ciencias del suelo, Giacomo Certini y Riccardo Scalenghe sugieren que “el Antropoceno sea definido como los últimos 2000 años del Holoceno tardío y caracterizado en base a suelos antropogénicos”. En *Anthropogenic soils are the golden spikes for the Anthropocene* (2011) dicen: “Los horizontes antropogénicos del suelo, de los cuales se reconocen varios tipos, proporcionan extensos marcadores estratigráficos terrestres para definir el inicio del Antropoceno”<sup>59</sup>.

Por su parte, los geólogos Michael Wagemann y Erich Draganits proponen un límite inferior para un Antropoceno “temprano” a partir de señales estratigráficas que indican “una influencia antropogénica como consecuencia de la contaminación por metales traza relacionada con la minería y la fundición”. En *Early mining and smelting lead anomalies in geological archives as potential stratigraphic markers for the base of an early Anthropocene* (2018) afirman:

Se reconoce un primer evento regional de contaminación por plomo en el hemisferio norte durante la Edad del Bronce Final (Mediterráneo Oriental) a la Edad del Hierro Temprana, entre 3500 y 2800 Antes del Presente (AP), con un pico alrededor del 3000 AP. Otro pico de plomo antropogénico pronunciado se registra alrededor del año 2000 AP, durante el período romano<sup>60</sup>.

También ha surgido una propuesta de Antropoceno asociada con la llegada de los europeos a las Américas en 1492. Según los geógrafos Alexander Koch, Chris Brierley, Mark Maslin y Simon Lewis, “la Gran Mortandad de los pueblos indígenas de las Américas resultó en un impacto global impulsado por el ser humano en el sistema Tierra en los dos siglos anteriores a la Revolución Industrial”. En *Earth system impacts of the European arrival and Great Dying in the Americas after 1492*, estos autores afirman que este acontecimiento disminuyó “la concentración global de CO<sub>2</sub> en la atmósfera de 7 a 10 ppm a fines del siglo XVI y principios del XVII, lo que redujo globalmente las temperaturas del aire en la superficie en 0,15 °C”<sup>61</sup>.

Un elemento clave para entender por qué todas estas conclusiones están equivocadas está en la diferenciación entre Antropoceno y Antropógeno. Como se explicó más arriba, los geólogos soviéticos hicieron uso de estas categorías de manera indistinta para reemplazar el Cuaternario, periodo geológico que coincide con el Paleolítico arqueológico, cuando la especie humana se dispersó dejando su huella por el mundo. Es tradición en las humanidades el análisis diacrónico de estos acontecimientos —es decir, transgresor en el tiempo y el espacio—, a diferencia del necesario análisis sincrónico propio de la periodización geológica. Así, los arqueólogos y antropólogos reconstruyen una suerte de Antropoceno utilizando métodos no geológicos, compartiendo el particularismo de los historiadores, para quienes es más fácil concebir un Antropoceno que primero comenzó en una parte y luego en otra. Esto está en plena contradicción con las normas científicas de la cronoestratigrafía<sup>62</sup>. Por ejemplo, Smith y Zeder enfatizan la causa temprana del impacto

antropogénico, sin duda demasiado lejano en el tiempo, por sobre el efecto estratigráfico. Certini y Scalenghe subestiman el carácter evolutivo y diacrónico de las transformaciones humanas del suelo. Ruddiman desconoce que los estudios delta C13 muestran que gran parte del CO2 atmosférico adicional que examina es de origen oceánico. Wagreich y Draganits no le dan importancia al hecho de que las señales estratigráficas que evalúan sean regionales y no globales. Koch, Brierley, Maslin y Lewis ignoran que la disminución de CO2 atmosférico durante la Conquista de América se debió a una reducción de la producción primaria bruta, la energía total fijada por fotosíntesis por las plantas. Ni el temprano uso del fuego, ni la deforestación, ni el trabajo del suelo, ni la antigua minería ni el genocidio indoamericano dejaron señales geológicas sincrónicas en el mundo. Esta capacidad del Antropógeno solo fue posible con la Gran Aceleración a mediados del siglo XX, por lo que no es apropiado hablar de Antropoceno antes de esa fecha.

Una tercera respuesta del “todo vale” consiste en endilgar a los científicos del Antropoceno el acto de responsabilizar el impacto negativo de la nueva época a la humanidad en su conjunto, en términos morales y políticos, y sin diferenciar entre clases sociales ni entre países ricos y pobres. Recordemos que para Jason Moore el Antropoceno está basado en “una visión neo-maltusiana de la población”. Autor de *Capitalism in the Web of Life: Ecology and the Accumulation of Capital* (2015), Moore sostiene que, en el trabajo de los científicos del Antropoceno, “el mosaico de la actividad humana en la red de la vida se reduce a una humanidad abstracta: una unidad de actuación homogénea”, por lo que los acusa de tratar a la “humanidad como un todo indiferenciado”. Por su parte, Kieran Suckling, director ejecutivo del Centro para la Diversidad Biológica, objeta en *Against the Anthropocene* (2014) que el nombre identifica la causa del cambio como

... la humanidad en su conjunto, en lugar de las estructuras de poder identificables más responsables de las huellas geológicas del Antropoceno: extinción, emisiones de gases de efecto invernadero, la creación y distribución de nitrógeno, etc. Ya sea que se mire el tema desde una perspectiva de género, raza, economía o geografía, la generalización de la causalidad siempre beneficia al poder ocultando el poder<sup>63</sup>.

En tanto, el ambientalista australiano Jeremy Baskin en *The Ideology of the Anthropocene* (2014) advierte sobre cuatro aspectos problemáticos en el concepto:

En primer lugar, universaliza y normaliza a una pequeña porción de la humanidad como el ‘ser humano del Antropoceno’. En segundo lugar, reinserta al ‘hombre’ en la naturaleza sólo para volver a elevarlo a ‘él’ dentro y por encima de ella. En tercer lugar, su uso de la ‘razón instrumental’ genera una adopción de la tecnología en gran medida acrítica. Y, en cuarto lugar, legitima ciertos enfoques no democráticos y tecnófilos, incluida la gestión planetaria y la geoingeniería a gran escala, como respuestas necesarias al ‘estado de emergencia’ ecológico. [...] Los impactos que han sido impulsados por (y en gran medida en beneficio de) una minoría se atribuyen a toda la humanidad<sup>64</sup>.

Andreas Malm y Alf Hornborg plantean algunos matices, aunque igualmente se oponen al uso del término. En *The geology of mankind? A critique of the Anthropocene narrative* (2014), dicen:

El ‘Antropoceno’ es una ideología más por defecto que por diseño, más producto del dominio de las ciencias naturales en el campo del cambio climático y, tal vez, el embotamiento general de los bordes críticos y el estrechamiento de los horizontes políticos en el mundo posterior a 1989, que de cualquier apología maliciosa. No es necesariamente menos dañino por eso. Es uno de varios marcos teóricos que resultan ser no solo analíticamente defectuosos, sino también enemigos de la acción<sup>65</sup>.

Frente a estas acusaciones, el ecosocialista canadiense Ian Angus ha salido en defensa de Paul Crutzen, Will Steffen y Jan Zalasiewicz. En *Facing the Anthropocene: Fossil Capitalism and the Crisis of the Earth System* (2016), Angus explica que “las críticas reflejan ideas preconcebidas sobre lo que *podría* significar el concepto del Antropoceno, en lugar de un compromiso serio con el trabajo de los científicos que lo han definido”<sup>66</sup>. Claro que eso no quiere decir que entre quienes escriben sobre el Antropoceno no haya quienes acusen a la humanidad de ser el problema. Ni los científicos son inmunes a puntos de vista sociales erróneos, ni la palabra es hoy ajena a poetas, filósofos, músicos, críticos literarios, periodistas, entre otros, quienes utilizan el Antropoceno como gancho para colgar sus ideas particulares preconcebidas. Como apunta Angus:

La verdadera sorpresa es cuán pocos pasajes neomalthusianos hay en la literatura científica del Antropoceno. El crecimiento de la población se menciona con frecuencia como uno de varios factores asociados con la Gran Aceleración, pero rara vez se identifica como el problema principal ni se promueve la reducción de la población como la condición *sine qua non* de cualquier respuesta eficaz al cambio global.

No hay evidencia que fundamente las afirmaciones de este sector del “todo vale”. Por ejemplo, en *Geology of Mankind* (2002), cuando Crutzen establece la relación entre “la rápida expansión de la humanidad en número y la explotación per cápita de los recursos de la Tierra” aclara que los efectos del consumo vertiginoso de los recursos materiales y energéticos del planeta “han sido causados en gran medida por solo el 25 % de la población mundial”<sup>67</sup>. Según las estadísticas de Worldometer, en 2002, año de publicación del artículo, este 25 % implicaba a 1575 millones de personas de un total de 6301 millones aproximadamente. Si bien Crutzen no explica el dato del 25 %, y la publicación en *Nature* no da alguna referencia sobre ello, e incluso hasta se podría objetar esta cifra (ya que solo los países de la OCDE agrupaban por entonces a casi 853 millones de personas), no se le puede atribuir a Crutzen responsabilizar a la humanidad de conjunto de los efectos de la explotación del planeta. Su estimación alude a una minoría con la efectiva capacidad de hacerlo. Dos años después de *Geology of Mankind*, los científicos del IGBP publicaron sus conclusiones en el ya citado *Global Change and Earth System*. Cuando abordan “la naturaleza del cambio global”<sup>68</sup>, los autores afirman que “durante los últimos tres siglos, la población humana se multiplicó por 10, hasta los 6000 millones”, que “simultáneamente con este aumento de la población, la tasa de consumo ha aumentado aún más bruscamente”, y que “igual de rápidos y profundos son otros cambios que se están produciendo en las sociedades humanas, muchos a través del proceso denominado globalización”. Pero cuando tienen que explicar sobre “cómo los humanos están cambiando el sistema Tierra” afirman que “la brecha entre ricos y pobres está aumentando casi universalmente, tanto dentro de los países como entre países”, que “se ha demostrado que las diferencias de riqueza entre países tienen un impacto significativo en el uso de los recursos”, que “un énfasis en la variable poblacional puede tener el efecto de culpar a las víctimas (como en las altas tasas de fertilidad entre los hogares económicamente marginales en el mundo tropical) por consecuencias tales como la deforestación tropical, el hambre y la desnutrición”, y que “de hecho, el hambre y la desnutrición modernas están más estrechamente relacionadas con cuestiones de derechos y dotaciones de alimentos que con el crecimiento de la población”. A esto agregan que, “como se señaló en una extensa revisión de la literatura, los bosques se caen porque es rentable para alguien o algún grupo”<sup>69</sup>. Ejemplos así hay varios en la literatura científica del Antropoceno, incluidos en los artículos revisados por pares. En *The Anthropocene: From Global Change to Planetary Stewardship* (2011) Steffen, Crutzen, Richardson, Schellnhuber, Zalasiewicz y otros once autores afirman que mientras “los países ricos del mundo representan el 80 % de las emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> desde 1751”, “los países más pobres, con una población combinada de alrededor de 800 millones, han contribuido con menos del 1 % de las emisiones acumuladas”<sup>70</sup>. En *Planetary boundaries: Guiding Human Development on a Changing Planet* (2015), Steffen y Richardson, más otros dieciséis autores, afirman:

Las transgresiones de los límites [planetarios] que ya han ocurrido son causadas de manera desigual por diferentes sociedades humanas y diferentes grupos sociales. Los beneficios de la riqueza que han traído estas transgresiones también se distribuyen de manera desigual social y geográficamente. Es fácil prever que continuará la distribución desigual de la causalidad y los beneficios, y estas diferencias seguramente deben abordarse para que un estado del sistema Tierra similar al Holoceno se legitime y mantenga con éxito<sup>71</sup>.

Mientras que en *The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration* (2015), los científicos afirman:

En 2010, los países de la OCDE representaron el 74 % del PBI mundial, pero solo el 18 % de la población. En la medida en que la huella en el sistema Tierra aumenta con el consumo, la mayor parte de la huella humana en el sistema Tierra proviene del mundo de la OCDE. Esto apunta a la profunda escala de la desigualdad global, que distorsiona la distribución de los beneficios de la Gran Aceleración y confunde los esfuerzos para hacer frente a sus impactos en el sistema Tierra. [...] La Gran Aceleración, hasta hace muy poco, ha sido impulsada casi en su totalidad por una pequeña fracción de la población humana, aquellos en los países desarrollados<sup>72</sup>.

Según Angus, los críticos del Antropoceno “están tan convencidos de que los científicos naturales no entienden los problemas sociales que no notan un cuerpo sustancial de evidencia contraria”. Por su parte, el historiador norteamericano Dipesh Chakrabarty afirma que, en cuanto a la responsabilidad histórica, lo que se requiere es la traducción de ideas que tienen su origen en la historia geológica y trasladarla al lenguaje de la historia mundial. Según señala en *The Anthropocene Time* (2018), esto implica

...el desplazamiento-traducción de la categoría ‘fuerza’ –que se refiere a la atracción física que un cuerpo ejerce sobre otro (según la comprensión newtoniana) y, por lo tanto, la humanidad como una fuerza geológica– a la categoría humano-existencial de poder, con sus correlatos sociológicos-institucionales, y el consiguiente desplazamiento del problema del Antropoceno del ámbito del tiempo geológico al tiempo de la historia humana o mundial. (...) El desplazamiento de la categoría de fuerza física a la categoría histórico-existencial de poder es visible en los escritos de dos grupos de estudiosos y/o activistas: los que quieren atribuir culpabilidad por el delito de creación de la crisis ambiental global y los que buscan en la crisis del calentamiento global un horizonte ético para el futuro de la humanidad en su conjunto<sup>73</sup>.

Si traducir entre idiomas humanos plantea desde luego dificultades irresolubles, entonces, traducir, por ejemplo, el lenguaje de las rocas al lenguaje de la justicia social es una acción que está condenada a la producción de obstáculos. ¿Qué lenguaje, qué modo de representación es apropiado para una narración única que combine historias de esfuerzos humanos con cambios en el sistema Tierra?

## **8. Relato singular y aproximaciones multidisciplinares**

Desde el principio, la ciencia del sistema Tierra ha reconocido que la humanidad es un importante componente de él. En correspondencia, la integración de los enfoques de las ciencias sociales y naturales ha sido un objetivo clave de toda una serie de iniciativas de investigación en las últimas décadas. Sin embargo, como lamentan Jonathan Donges, Hans Schellnhuber y Johann Rockström, más otros cinco colegas, en *Closing the Loop: Reconnecting Human Dynamics to Earth System Science* (2017): “A pesar de estos esfuerzos, las características claves del Antropoceno no han sido representadas dinámicamente ni resueltas de otra manera en el sistema Tierra existente, ni en los modelos integrados de evaluación”<sup>74</sup>. En esta línea, Steffen y sus colegas señalan en *Trajectories* que

para responder a las grandes preguntas que plantea el tránsito por el Antropoceno se “requiere una integración profunda del conocimiento de la ciencia biogeofísica del sistema Tierra con el de las ciencias sociales y las humanidades sobre el desarrollo y el funcionamiento de las sociedades humanas”<sup>75</sup>. La integración de los conocimientos necesarios puede ser difícil, pero los conceptos de análisis de sistemas complejos proporcionan, cada vez más, un marco que une los diversos campos de investigación relevantes para el Antropoceno. Por ejemplo, la dinámica del sistema Tierra se puede describir, estudiar y comprender en términos de trayectorias entre estados alternos separados por umbrales que están controlados por procesos, interacciones y retroalimentaciones no lineales. Con base en este marco, Steffen y sus colegas argumentan:

Las tendencias y decisiones sociales y tecnológicas que ocurran durante la próxima década o dos podrían influir significativamente en la trayectoria del sistema Tierra durante decenas a cientos de miles de años y potencialmente conducir a condiciones que se asemejan a los estados planetarios que fueron vistos hace varios millones de años, condiciones que serían inhóspitas para las sociedades humanas actuales y para muchas otras especies contemporáneas.

La historiadora Julia Thomas ha calificado esta “integración profunda” a la que apela Steffen como *Singular Story*<sup>76</sup>, un “relato singular”, cuyo gran protagonista es la combinación humanidad-sistema Tierra, “la suma total de los impactos humanos en el sistema” que debe “tenerse en cuenta para analizar las trayectorias futuras” (como dice Steffen). Y, aunque prevén que la unificación de diversos campos será difícil, esperan que produzca “una gobernanza más eficaz” a nivel planetario. Este enfoque ha sido anunciado durante mucho tiempo. En los Manuscritos económicos y filosóficos de 1844, Karl Marx profetizó: “Con el tiempo, la ciencia natural incorporará en sí misma la ciencia del hombre, así como la ciencia del hombre incorporará en sí misma la ciencia natural: habrá una sola ciencia”. Sus defensores abogan por la fusión de enfoques disciplinarios y una unidad de conocimiento. A veces, esta integración toma la forma de colaboración entre científicos sociales y naturales con nuevas instituciones para apoyar su trabajo conjunto. Otras, se promueve una síntesis aún más intensa, que “integre completamente diferentes enfoques y diferentes tipos de experiencia académica”. Esta historia unificada mapea nuestra situación y la convierte en algo emancipatorio. El “relato singular” y la “gobernanza a nivel del sistema Tierra” ofrecen una ruta de escape lejos del camino determinista de seguir como si nada, ese mismo que nos lleva a la ruina.

Además del pronunciamiento de apoyo a la gobernanza global, para Thomas una lectura atenta de *Trajectories of the Earth System in the Anthropocene* da cuenta de un segundo tipo de relato:

Uno que fomenta diversos esfuerzos locales dirigidos hacia el mismo fin compartido, lo contrario de la gobernanza de arriba hacia abajo. Dado que los puntos de inflexión causados por la dinámica no lineal no se pueden pronosticar con ningún grado de certeza, ningún dictado global puede garantizar la supervivencia. Medidas más flexibles y controladas por la comunidad con costos integrados más bajos ayudarán a desarrollar la resiliencia.

Estas “estrategias genéricas de creación de resiliencia incluyen el desarrollo de seguros, amortiguadores, redundancia, diversidad y otras características de resiliencia que son fundamentales para transformar los sistemas humanos frente al calentamiento y la posible sorpresa asociada con los puntos de inflexión”. Para Julia Thomas, en otras palabras, junto con la recomendación de que nos comprometamos con el “relato singular”, *Trajectories of the Earth System in the Anthropocene* también reconoce el valor de una “democracia de voces”. Dice:



Ambos enfoques son fieles a la ciencia, pero sugieren narrativas humanísticas muy diferentes; la primera basada en la lógica que equipara el único sistema Tierra estabilizado con una sola humanidad e, incluso, una sola autoridad gobernante; la segunda fomenta una variedad de sistemas humanos, todos en resonancia con el imperativo del Antropoceno de redirigir la trayectoria de la Tierra, pero de diferentes maneras. En términos políticos, podríamos llamar a la primera ‘totalitarismo benévolo’ y a la segunda un ‘imperio multicultural’ donde el pluralismo hasta cierto punto está permitido. Ninguna de estas son formas políticas ideales según la mayoría de las lógicas del Holoceno tardío, pero entonces ninguna sociedad en el Antropoceno disfrutará de la amplitud de las condiciones del Holoceno<sup>77</sup>.

¿Cuál es el estado del Antropoceno en la historia, la ciencia política, el derecho internacional y la economía? En el campo de la historia sigue primando el desprecio por el Antropoceno. Sin embargo, algunos subgrupos, como los historiadores ambientales, los intelectuales, los económicos y los de la ciencia, lo han abordado enérgicamente. Están divididos sobre cuándo comenzó y usan el término de manera más vaga que los estratígrafos, entendiendo el Antropoceno como un intervalo durante el cual la humanidad ha ejercido algún grado de influencia no especificado sobre los ecosistemas, en lugar del sentido más restringido expresado en el mandato del GTA que lo define como el intervalo en el que “la modificación humana de los sistemas naturales se ha vuelto predominante”. Por las especificidades de la historia humana, estos profesionales se sienten incómodos con los esfuerzos de datación sincrónica planetaria, ya que nunca se han decidido por un sistema de periodización para la historia global. Rutinariamente utilizan periodizaciones que varían de un lugar a otro, por lo que les resulta más fácil concebir un Antropoceno que comenzó antes en un lugar y después en otro que concebir al homo sapiens como un agente histórico de transformación global. Este compromiso disciplinar tienta a los historiadores a rechazar el Antropoceno cronoestratigráfico porque requiere una sincronicidad global. Esta preferencia por el particularismo por sobre las generalidades explica el énfasis en poner en primer plano el análisis de los grupos sociales en lugar de agrupar a la humanidad bajo el argumento de que así se ocultan las realidades de la desigualdad y la explotación y que estos temas merecen prominencia por sobre los demás. Además, las humanidades suelen pedir que se consideren las causas del Antropoceno en lugar de los efectos sobre los estratos geológicos, lo que genera malestar en sectores importantes de la comunidad geológica tanto con el concepto como con el término Antropoceno, que es más visto como una declaración política que como un desafío científico. Por ello viene bien la metáfora médica según la cual la caracterización y definición de un Antropoceno geológico es diagnosticar la condición de un planeta a través de un conjunto particular de síntomas, en el contexto de una historia familiar muy larga. Sin embargo, tal análisis del Antropoceno geológico no investiga las causas de la afección con demasiada profundidad, ni ofrece ningún plan de tratamiento, así como un pronóstico. Pese a ello, bajo la amenaza global del Antropoceno, la historia ambiental y la económica han comenzado a conjugarse para alcanzar un mayor entendimiento de la situación actual. Este nuevo campo rastrea el impacto ecológico del sorprendente aumento en la productividad de la economía mundial en los últimos dos siglos. En consecuencia, la naturaleza ya no es vista como una externalidad y el daño a los recursos no renovables ya no se minimiza. Thomas ha identificado cuatro modelos históricos ecológicos-económicos básicos, invitándonos a oponernos al primero y explorar y expandir los demás:

El retromodernista nos hace retornar a un mundo eurocéntrico, tanto para los orígenes del problema como para sus soluciones. Tres modelos más convincentes, modernidad de doble capa, modernidades paralelas y enfoques multiescala, amplían la comprensión de cómo llegamos a esta coyuntura catastrófica y lo que podríamos hacer al respecto<sup>78</sup>.

El “modelo retromodernista del Capitaloceno” culpa a la industrialización occidental y al desarrollo basado en combustibles fósiles por los males del planeta. Thomas incluye en este

sector a Jason Moore, autor de *Capitalism in the Web of Life: Ecology and Accumulation of Capital* (2015); McKenzie Wark, autor de *Molecular Red: Theory for the Anthropocene* (2015), Christophe Bonneuil y Jean-Baptiste Fressoz, autores de *The Shock of the Anthropocene: The Earth, History, and Us* (2016); y Andreas Malm, autor de *Fossil Capital: The Rise of Steam Power and the Roots of Global Warming* (2016). En la opinión de este último, “una camarilla de hombres blancos británicos, literalmente utilizó la energía de máquinas de vapor como un arma (en mar y tierra, barcos y ferrocarril) contra la mejor parte de la humanidad, desde el delta del Níger hasta el delta del Yangtsé, del Levante a Latinoamérica”<sup>79</sup>. El problema con esta narrativa es que nos lleva al norte de Europa de finales del siglo XVIII. Sin embargo, las épocas geológicas, por definición, son fenómenos globales, y por eso entre los retromodernistas del Capitaloceno hay poco reconocimiento del rol de las naciones y los procesos fuera del norte europeo. Para el “modelo de doble capa de crecimiento moderno” el Antropoceno es el resultado de la combinación entre los procesos de modernización de arriba abajo a escala planetaria y las técnicas y tecnologías de producción locales que han estado más en sintonía con las especificidades ecológicas. “Aunque previamente fueron pasados por alto o despreciados, los modos locales de producción económica atraen ahora la atención de la historia ambiental y económica precisamente porque están inmersos en dinámicas de retroalimentación ecológica más complejas”, reflexiona Thomas. Por ejemplo, el historiador ambiental Corey Ross en *Ecology and Power in the Age of Empire: Europe and the Transformation of the Tropical World* (2017) ha proporcionado una exposición de la compleja relación entre los occidentales que operan a escala mundial y los pequeños agricultores en el sudeste asiático. Ambos grupos, como señala el autor, pueden distinguirse como los que están en el asiento del conductor del Antropoceno y los que van en el asiento trasero hasta la “Gran Aceleración” de mediados del siglo XX, pero ambos contribuyeron a los procesos extractivos que alteraron el planeta por medio de la producción de caucho. Según este enfoque, si el conocimiento global y el local no se hubieran fusionado, tal vez no estaríamos encaminados hacia una catástrofe ambiental como lo estamos en la actualidad. Otros, como Amitav Ghosh en *The Great Derangement* (2016) sugieren de manera intrigante que la desigualdad del desarrollo capitalista podría incluso haber retrasado el incremento de los gases de efecto invernadero procedentes de Asia, debido a que la industrialización de este continente se demoró por el colonialismo occidental. Según el “modelo de modernidades paralelas” existen varias vías de modernización que emergen más o menos al mismo tiempo. El concepto se basa en el reconocimiento de que los ambientes naturales provocaron rutas de desarrollo distintas, aunque viables. Como ha indicado la reciente investigación de los historiadores económicos Kenneth Pomeranz con *The Great Divergence: China, Europe, and the Making of the Modern World Economy* (2001) y Prasannan Parthasarathi en *Why Europe Grew Rich and Asia Did Not: Global Economic Divergence, 1600–1850* (2011), ante la fuerza aplastante del imperialismo europeo del siglo XIX, las zonas no occidentales eran más dinámicas de lo que suele suponerse: ante el desarrollo intensivo del capital de Europa, tuvo lugar el desarrollo intensivo de la mano de obra de Asia oriental; ante los regímenes intensivos de la tierra en Europa y partes de Asia, tuvo lugar la agricultura extensiva de la tierra en África; ante los regímenes de uso de alta energía como Estados Unidos y la Unión Soviética, la eficiencia energética de Japón, Corea del Sur y Taiwán. Según este enfoque, el entendimiento de que hay varias vías para el desarrollo de sociedades humanas sanas y seguras ofrece más opciones al considerar las respuestas aceptables para el Antropoceno. Thomas reflexiona:

Aprenderemos más si eliminamos por completo la visión retromodernista que supone que la modernidad occidental industrial —intensiva en capital, con régimen intensivo de la tierra y uso de alta energía— era la única vía posible para el bienestar. Otros modelos de actividad económica, más acordes con la supervivencia ecológica en un planeta con recursos finitos, pueden detectarse en el mundo no occidental, cuando las historias ambientales y ecológicas se reúnen.

El “modelo de escalas intersectadas” considera la multidimensionalidad de factores en juego en cualquier situación. Según Thomas:

En especial con la ‘Gran Aceleración’ de la población humana y su explotación de los recursos naturales desde la Segunda Guerra Mundial, el éxito en un ámbito a menudo viene acompañado del fracaso en otro, debido a que múltiples marcos de tiempo, escalas espaciales y diferentes tipos de agentes chocan dentro de márgenes de error ecológicos cada vez más estrechos. Solucionar un problema puede exacerbar otro.

Un ejemplo dramático de la complejidad de los problemas actuales lo constituye la energía nuclear. Según el economista indobengalí Amartya Sen en *Global Warming Is Just One of Many Environmental Threats That Demand Our Attention* (2014), “hay al menos cinco tipos diferentes de factores externos que se suman de manera significativa a los costos sociales de la energía nuclear”. Dado que estos costos no pueden ser medidos por los mercados o por análisis de costo del tiempo en escalas muy distintas —como en la vida media del uranio—, y en el espacio —como en los residuos nucleares de Japón enviados a Suecia—, Sen argumenta que deben utilizarse estimados de probabilidad para considerar el impacto de la energía nuclear:

A pesar de las pequeñas probabilidades de cada uno de estos peligros, la suma de los cinco multiplicada por el número cada vez mayor de empresas nucleares en general tiende a producir probabilidades considerables. Las estimaciones de daño probable (de terrible a catastrófica) podrían ser gigantescas.

La necesidad de desarrollar un marco normativo que contemple todas estas dimensiones es crucial. “El pensamiento ambiental tiene que ser multidireccional en lugar de centrado en un solo objetivo, aun cuando ese objetivo sea algo tan importante como la amenaza climática de las emisiones de carbono”, concluye Sen. Cuando la historia económica y la ambiental convergen, a menudo el resultado no es una historia feliz. Thomas lo expone así:

Celebro el compromiso entre las historias económicas y ambientales, pero señalo las deficiencias del paradigma retromodernista, en el cual la responsabilidad de crear y confrontar el Antropoceno recae solo sobre ‘el Occidente’ [...]. Si bien el modelo a escala de doble capa, el paralelo o el de intersección no producen buenas noticias absolutas, los tres arrojan luz sobre el problema y nuestras posibilidades.

Tal como ocurre entre los historiadores, un subconjunto pequeño pero creciente de politólogos está adoptando el Antropoceno como marco para el análisis político. Sin embargo, comprender nuestra nueva realidad y proporcionar mejores pronósticos del cambio climático y ambiental no brinda respuestas políticas fáciles. Los politólogos se resisten a la implicación de que un problema planetario necesariamente requiere una gobernanza planetaria y consideran que la gobernanza ecoautoritaria de arriba hacia abajo no es factible ni efectiva. Para Manuel Arias-Maldonado, “los pensadores políticos deberían tomar los hallazgos proporcionados por los científicos naturales como base para la exploración normativa y la búsqueda de significado”, por lo que “se necesita una demarcación clara entre las investigaciones científicas y sociopolíticas”. En *Bedrock or social construction? What Anthropocene science means for political theory* (2020) dice:

¿Cómo deberían los pensadores políticos tratar con la ciencia ambiental? La cuestión ha adquirido una nueva urgencia con el surgimiento del Antropoceno, un concepto científico rápidamente asimilado por las ciencias sociales y las humanidades. En ese sentido, algunos críticos han planteado en su contra las conocidas objeciones que los pensadores políticos ambientales y filósofos han dirigido hacia la ciencia en general en el pasado. La ciencia del Antropoceno podría conducir hacia la gubernamentalidad planetaria, imponiendo una forma reduccionista de entender tanto el planeta como la sustentabilidad<sup>60</sup>.

Para otros, como Mark Beesom, “se argumenta que la intensificación de una variedad de problemas ambientales significa que es probable que el gobierno autoritario se vuelva aún más común allí en el futuro”. En *The coming of environmental authoritarianism* (2010) dice:

Los países con capacidad estatal limitada tendrán dificultades para hacer frente a las consecuencias de la expansión de la población, el desarrollo económico y la degradación ambiental con la que están asociados. El resurgimiento del gobierno autoritario es aún más probable por el ejemplo de desarrollo ‘exitoso’ de China y la magnitud de los problemas ambientales existentes en la región. La realidad desalentadora puede ser que los regímenes autoritarios, por poco atractivos que sean, incluso pueden resultar más capaces de responder a las complejas presiones políticas y ambientales en la región que algunas de sus democracias<sup>81</sup>.

El problema central es que nuestras instituciones políticas heredadas se ocupan de lo inmediato y el corto plazo, ajenas a las escalas más grandes requeridas para comprender el Antropoceno. También tienden a estar comprometidas con el crecimiento económico que está impulsando los cambios globales del Antropoceno. Pero un número cada vez mayor de politólogos ahora entienden que la habitabilidad del sistema Tierra está en juego y están considerando nuevas instituciones, sistemas e ideas que podrían conducir a una gobernanza acorde con umbrales planetarios no negociables.

El Antropoceno también ha permanecido fuera del alcance del derecho internacional y, por lo tanto, periférico a su erudición jurídica. Estos se han centrado desde sus inicios en los cambios políticos entre los Estados, no en aquellos que se dan en las condiciones del sistema Tierra, el que se ha tomado como un hecho asumiendo que es estable, basado en milenios de larga experiencia de las condiciones del Holoceno tardío. En 2015 la International Law Association declaró:

El cambio formal de la escala de tiempo geológico, debido al reconocimiento del Antropoceno como una nueva época en la historia geológica de nuestro planeta, podría generar conciencia crítica y resaltar la magnitud del impacto humano en el sistema Tierra. Esto provoca una reflexión fundamental sobre las estructuras sociales contemporáneas, incluido el derecho internacional<sup>82</sup>.

Por ejemplo, para Davor Vidas, director del Programa de Derecho del Mar en el Instituto Fridtjof Nansen de Noruega y miembro del GTA, “el derecho del mar actual proporciona un marco para varios temas específicos, pero es incapaz de responder adecuadamente a los desafíos generales que enfrenta la humanidad, que posiblemente ya vive en el Antropoceno”.

En *The Anthropocene and the International Law of the Sea* (2011) explica:

Los vínculos entre el desarrollo del derecho del mar y el proceso actual hacia el reconocimiento formal de una época del Antropoceno son dobles. En primer lugar, existe un vínculo de origen. Los fundamentos ideológicos del derecho del mar facilitaron el surgimiento de fuerzas que conducirían a la Revolución Industrial y, eventualmente, a niveles de desarrollo que implicarían impactos humanos cada vez mayores en el sistema Tierra. En segundo lugar, existen vínculos en la interacción. La información geológica ha impulsado desarrollos claves en el derecho del mar desde la introducción del concepto de plataforma continental a mediados del siglo XX. Con la formalización de la época del Antropoceno, la geología podría volver a actuar como desencadenante de nuevos desarrollos necesarios en el derecho del mar<sup>83</sup>.

El GTA prevé el surgimiento de “un desafío sistémico” en lo que al derecho internacional refiere “cuando un cambio en el sistema Tierra, como el aumento del nivel del mar, cuestione la base fáctica de las divisiones territoriales actuales, el impacto en los movimientos transfronterizos de las poblaciones humanas y, en última instancia, desafíe los criterios para la condición de Estado establecidos por el derecho internacional. A medida que este proceso ha comenzado y se está intensificando, el Antropoceno está adquiriendo relevancia política y de derecho internacional”<sup>84</sup>.

Sin embargo, esta discusión es más sobre las consecuencias del cambio geológico del sistema Tierra y menos sobre su contenido conceptual. Esto significa que el derecho internacional se basará en gran medida en la interpretación geológica del Antropoceno, en caso de que se formalice. Al ser adoptado a través de un procedimiento riguroso dentro de los organismos geológicos competentes, el Antropoceno pasará a ser considerado un hecho de conocimiento común, con una implicación legal de no estar abierto a la interpretación, sino más bien proporcionar una parte inherente del contexto general dentro del cual opera el derecho internacional.

El Antropoceno también es ignorado por la economía dominante, que se ubica como algo separado de la naturaleza, cuyo valor se calcula principalmente sobre la base de los intercambios de mercado. Los bienes públicos, como el aire limpio, que no se compran ni venden, son invisibles para el mercado y, por lo tanto, no tienen valor. Además, la economía moderna se basa esencialmente en suposiciones de un crecimiento sin fin que pone a la economía y a nuestro planeta en curso de colisión. En consecuencia, el concepto del Antropoceno emerge en los debates de modelos alternativos, particularmente aquellos que tratan la economía como un subconjunto del mundo natural y que argumentan a favor de las limitaciones del crecimiento o el decrecimiento, para equilibrar los límites no negociables de nuestros recursos y las necesidades de la población en aumento. Por ejemplo, en *Ecological economics for the Anthropocene* (2015) Peter Brown y Peter Timmerman afirman:

La economía ecológica se basa en la idea inevitable de que la economía está totalmente integrada a los flujos de energía y materia de la Tierra y sujeta a las leyes del universo. Es una idea fundamental en la que se debe basar nuestro pensamiento y nuestra acción si queremos tener alguna posibilidad de navegar con éxito en el tormentoso Antropoceno<sup>85</sup>.

En la misma sintonía, Kate Raworth señaló en *Donut economics: Seven ways to think like a 21st-century economist* (2017):

La vida en la Tierra tiene a su favor la posibilidad de durar otros cinco mil millones de años, hasta que nuestra estrella, el Sol, empiece a morir. Pueden mantenerse unas condiciones similares a las del Holoceno durante otros cincuenta mil años si los humanos aprendemos a navegar por el Antropoceno sin empujar a nuestro planeta a un estado más caliente, más seco y más hostil. Las economías que creemos podrían seguir prosperando —no creciendo, sino prosperando— también durante milenios, siempre que las gestionemos sabiamente<sup>86</sup>.

El Antropoceno es intrigante científicamente y fascinante intelectualmente, pero profundamente perturbador en un sentido político, social, económico y ético. Debemos aprender a coexistir de manera sostenible con el resto de la naturaleza en lo que está emergiendo como un nuevo estado planetario. Para hacerlo, primero debemos entender qué significa “Antropoceno” en todas sus dimensiones. Para el GTA, aunque no está claro de qué manera la formalización del Antropoceno geológico impactará entre los representantes de las humanidades y las ciencias sociales, las unidades cronoestratigráficas proporcionarán sin duda un marco unificador para todas las disciplinas que lo aborden, contribuyendo y facilitando desde este enfoque a una mejor comprensión multidisciplinaria.

## 9. La fresca brisa de la historia natural

La escala de tiempo geológico, que divide los 4600 millones de años de historia de la Tierra en eones, eras, periodos, épocas y edades, es uno de los grandes logros científicos de los últimos doscientos años. Cada división está orientada por un cambio ambiental a escala planetaria basado en evidencia estratigráfica, como rocas o núcleos de hielo. Hace unos 540 millones de años empezaba el eón Fanerozoico, cuando los organismos vivos comenzaron a tomar formas complejas, evolucionando y diversificándose ampliamente. Sobre esta base, la Tierra hoy se encuentra oficialmente ubicada de manera simultánea en la era Cenozoica, el periodo Cuaternario, la época del Holoceno y la edad Megalayense, la última de las edades del Holoceno que comenzó hace unos 4200 años. ¿Cuáles son los criterios que utiliza la geología para determinar la relación entre estas cuatro divisiones? Zalasiewicz responde:

Estas cuatro unidades son partes sucesivamente más pequeñas dentro de la estructura jerárquica de la escala geológica de tiempo, ¡y actualmente, formalmente, vivimos dentro de todas ellas! La Era Cenozoica es la más grande de ellas y comenzó hace 66 millones de años, cuando un gran asteroide impactó en lo que ahora es la Península de Yucatán en México, causando una devastación ambiental global que acabó con los dinosaurios y muchas otras formas de vida. Su comienzo se define con un “clavo dorado” colocado en la parte inferior de una fina capa de escombros formados por el impacto en Túnez, una capa que se puede rastrear en todo el mundo. El Cuaternario es el último período geológico del Cenozoico, y más o menos coincide con la Edad de Hielo global de los últimos 2,6 millones de años. El cambio en el clima, sin embargo, fue gradual, por lo que el comienzo preciso se define en base a un evento no climático preservado dentro de los estratos: un cambio distintivo en el campo magnético de la Tierra, que era efectivamente sincrónico alrededor del planeta y por lo tanto forma un buen marcador de tiempo para el límite. Dentro del Cuaternario, el último (y actual) de muchos intervalos interglaciares cálidos (entre las frías fases glaciales de esta Edad de Hielo) se ha separado como la Época del Holoceno, ya que formó el paisaje en el que vivimos y en el que se desarrolló la civilización humana asentada. El cambio en el clima cuando comenzó fue complejo, prolongado y difirió en patrón entre el hemisferio norte y el sur. El comienzo se define en un evento particularmente marcado dentro del calentamiento climático hace 11 700 años, preservado dentro de capas de hielo enterradas en lo profundo de Groenlandia. El Holoceno se ha dividido durante mucho tiempo en tres partes, que se han formalizado recientemente para ser claras y estables en la comunicación científica. La edad Megalayense es la más reciente de estas partes, dentro de las cuales todavía vivimos formalmente. Su comienzo se define dentro de una estalagmita en la India, que conserva una perturbación climática significativa, aunque breve y temporal, hace 4200 años.

Esta estalagmita fue descubierta en 2012 por paleoclimatólogos que trabajaban en Mawmluh, una de las cuevas más largas y profundas del subcontinente indio, a 1290 metros de altura en un complejo de piedra caliza perteneciente al estado de Megalaya, noreste de la India. El 15 de julio de 2018 la Comisión Estratigráfica Internacional emitió una declaración titulada *Collapse of Civilizations Worldwide Defines Youngest Unit of the Geologic Time Scale*, en donde afirmaba que esta nueva edad se definía por un colapso civilizatorio hace unos 4200 años provocado por una megasequía:

Las sociedades basadas en la agricultura que se desarrollaron en varias regiones después del final de la última Edad de Hielo se vieron gravemente afectadas por el evento climático de 200 años que resultó en el colapso de civilizaciones y migraciones humanas en Egipto, Grecia, Siria, Palestina, Mesopotamia, el valle del Indo y el valle del río Yangtze. Se han encontrado pruebas del evento climático de hace 4200 años en los siete continentes<sup>87</sup>.

Los geólogos Mike Walker y Martin Head, más otros once colegas, así lo explicaban más detalladamente algunos meses después:

En muchas regiones de baja latitud, la aridez abrupta hace unos 4200 años puede, en algunas áreas, haber tenido profundos efectos sociales, con abandonos de regiones de secano, seguimiento de hábitats a refugios ribereños y colapsos sociales visibles arqueológicamente en España, Grecia, Palestina, Egipto, Mesopotamia, el valle del Indo y la meseta tibetana en sincronía con el colapso de importantes sociedades neolíticas en las regiones de los ríos Yangtze y Amarillo y en el norte de China. En África central, la primera etapa de la expansión bantú coincide con el evento de hace 4200 años, mientras que cambios significativos en las prácticas agrícolas alrededor de esa fecha son evidentes en el suroeste de Estados Unidos y en Yucatán. Al igual que el evento de hace 8200 años (Norgripiense), el evento de hace 4200 fue de naturaleza global o casi global y constituye un marcador estratigráfico de tiempo para definir la base de la edad Megalayense y la sub-época del Holoceno tardío<sup>88</sup>.

Sin embargo, estas aseveraciones fueron enérgicamente refutadas por Guy Middleton, arqueólogo del Instituto Checo de Egiptología de la Universidad Charles y autor de *Understanding Collapse: Ancient History and Modern Myths* (2017), quien argumentaba que, aunque las civilizaciones efectivamente declinaron, lo más probable es que haya sido a través de un proceso mucho más prolongado, en donde los factores sociales desempeñaron un papel mucho más importante que la megasequía. El 21 de septiembre de 2018 la revista *Science* publicó su polémico artículo *Bang or Whimper?* Allí dice:

Un análisis arqueológico e histórico detallado, incluidas investigaciones recientes de cronología y paleoclima, sugiere que, en lugar de un colapso simultáneo de civilizaciones, ocurrieron diferentes tipos de cambios en diferentes partes del mundo en diferentes momentos, todos ellos menos abruptos de lo que se pensaba. El determinismo ambiental y climático detrás de la narrativa del colapso de la megasequía no tiene en cuenta las circunstancias históricas específicas, el poder de la agencia humana para impulsar un cambio sustancial y la traducción de los factores ambientales en contextos culturales y sociopolíticos. La evidencia actual, por lo tanto, arroja dudas sobre la utilidad del 2200 Antes de la Era Común (AEC) como un comienzo significativo para una nueva era en términos humanos, haya megasequía o no. [...] Incluso si los científicos están de acuerdo en que los datos del paleoclima indican cambios climáticos sustanciales y generalizados alrededor del 2200 AEC, acompañados de una aridificación repentina, severa y duradera, deben estar preparados para admitir que muchas personas y sociedades parecen haberlo enfrentado e incluso haber prosperado en ese momento, como en Egipto. El cambio climático nunca resulta inevitablemente en el colapso de la sociedad, aunque puede plantear serios desafíos, como lo hace hoy. Desde una perspectiva arqueológica, la nueva edad Megalayense del Holoceno tardío parece haber comenzado con un gemido en lugar de una explosión<sup>89</sup>.

Lo significativo de esta controversia es que, independientemente de su resultado, demostró que ya hace 4200 años el tiempo geológico y el histórico se entrelazaban de forma compleja. La demarcación del Megalayense extrajo gran parte de su prominencia de una aparente correspondencia con el registro histórico-arqueológico. Y, aunque la Comisión Estratigráfica Internacional posteriormente se alejó de la referencia original al colapso civilizatorio —definiendo esta nueva edad geológica en términos puramente estratigráficos—, la problematización de las condiciones sociales vinculadas a las edades ya no podía evitarse. De hecho, como ha demostrado todo el debate en torno al “Antropoceno temprano” (coetáneo al Holoceno), la relación compleja entre crisis ambiental y colapso civilizatorio se estableció desde que surgieron las primeras civilizaciones a mediados del Holoceno y hasta el presente.

Todo esto, de conjunto, ha llevado a los sociólogos ambientales John Bellamy Foster y Brett Clark a incursionar en la redefinición del tiempo geológico de las edades, aunque por supuesto ciñéndose a los marcos establecidos por el GTA. Para estos autores, en la época del Antropoceno, es claro que cualquier designación de edades, aunque necesariamente cuente con rastros en el registro estratigráfico, tiene que ser vista también en términos de organización socioeconómica y no puramente geológicos. Y la designación científica social más ampliamente aceptada para el sistema económico mundial predominante en los últimos siglos es *capitalismo*.

En *The Capitalinian: The First Geological Age of the Anthropocene* (2021), Foster y Clark señalan:

Bajo el supuesto de que el Antropoceno pronto se designará oficialmente como la época actual de la Tierra, queda la cuestión de la edad geológica con la que comienza el Antropoceno, después de la última edad del Holoceno, el Megalayense. Adoptando la nomenclatura estándar para la denominación de las edades geológicas, proponemos, en nuestro papel de sociólogos ambientales profesionales, el término Capitalinense como el nombre más apropiado para la nueva edad geológica, con base en el registro estratigráfico y conforme al período que los historiadores ven que comenzó alrededor de 1950, a raíz de la Segunda Guerra Mundial, el surgimiento de las corporaciones multinacionales y el desencadenamiento del proceso de descolonización y desarrollo global<sup>90</sup>.

Que Foster y Clark se encolumnen detrás del GTA no es algo menor. Como vimos mucho más arriba, un sector de las ciencias sociales ha reaccionado con rechazo a la propuesta de llamar a la nueva época geológica en curso como Antropoceno y sugiere en cambio el término alternativo "capitaloceno". Destacados exponentes de esta corriente de opinión son Andreas Malm, Donna Haraway y Jason Moore, quienes en general sugieren reemplazar la discusión sobre la geología de la humanidad por una sobre la geología de la acumulación de capital. En *Fossil Capital: The Rise of Steam Power and the Roots of Global Warming* (2016), Andreas Malm afirma:

Si 'el Antropoceno' es una abstracción indefendible tanto en el punto de partida como en el final de la línea, ¿podría haber un término más adecuado para la nueva época geológica? (...) La acumulación de capital a través del espacio abstracto, el tiempo abstracto y la competencia anárquica se aleja cada vez más rápido del flujo, exigiendo un combustible de cualidades equivalentes en cantidades en constante crecimiento. Es poco probable que reúna algo parecido a un consenso detrás de esto. Una designación científicamente más precisa, entonces, sería 'el Capitaloceno'. Esta es la geología no de la humanidad, sino de la acumulación de capital<sup>91</sup>.

Dos años después, en *L' Anthropocène contre l'histoire: Le réchauffement climatique à l'ère du capital* (2016), Malm nos ofrece un poco más de información en su argumentación contra el Antropoceno:

Podemos reducir el programa de investigación hasta ahora extendido al conjunto de la especie humana: primero, al nivel de la economía fósil; segundo, a la categoría de capital fósil; en tercer lugar -en cuanto se trata de una búsqueda de orígenes- a los agentes que realmente los crearon y los esparcieron por toda la superficie del globo, y este es un grupo de personas bastante fácil de delimitar dentro, y por debajo, del rango de homo sapiens sapiens. En este programa de investigación, la lógica y los representantes del capital ocuparán el primer lugar. Contrariamente al pensamiento del Antropoceno, este programa parece más cercano a alinearse con esa etiqueta alternativa, iconoclasta, insolente y muchas veces evitada para designar nuestro tiempo: el Capitaloceno<sup>92</sup>.



Donna Haraway y Jason Moore también dan sus argumentos contra el Antropoceno y a favor del Capitaloceno. En *Staying with the Trouble: Anthropocene, Capitalocene, Chthulucene* (2016) Haraway, profesora de Historia de la Conciencia en la Universidad de California, afirma: “Si solo pudiéramos tener una palabra para estos tiempos de ciencia ficción, seguramente debería ser el Capitaloceno”. Sin embargo, luego toma cierta distancia de Malm cuando dice:

El carbón y la máquina de vapor no determinaron la historia y, además, las fechas están todas equivocadas, no porque haya que remontarse a la última glaciación, sino porque al menos hay que incluir el gran mercado y los renacimientos de mercancías de los largos siglos XVI y XVII de la era actual, aunque pensemos (erróneamente) que podemos permanecer eurocentrados al pensar en las transformaciones ‘globalizadoras’ que configuran el Capitaloceno. Seguramente hay que hablar de las redes de azúcar, metales preciosos, plantaciones, genocidios indígenas y esclavitud, con sus innovaciones laborales y traslados y recomposiciones de bichos y cosas arrastrando a trabajadores humanos y no humanos de todo tipo. La contagiosa revolución industrial de Inglaterra fue muy importante, pero es solo un jugador en las transformadoras, históricamente situadas y suficientemente nuevas relaciones mundiales<sup>93</sup>.

En *The Capitalocene, Part I: on the nature and origins of our ecological crisis* (2017), Moore dice, en cuanto al “trabajo analítico del Capitaloceno”, que

... el concepto nos pide que trastornemos la cómoda narrativa del Antropoceno, que salgamos de nuestras cómodas cajas conceptuales: industrial y preindustrial; circulación y producción; pueblo y país. El Capitaloceno aboga por situar el surgimiento del capitalismo, histórica y geográficamente, dentro de la red de la vida. Este es el capitalismo no como sistema económico, sino como una ecología mundial situada y multiespecie de capital, poder y reproducción<sup>94</sup>.

Posteriormente, en *The Capitalocene, Part II: accumulation by appropriation and the centrality of unpaid work/energy* (2017), Moore agrega:

Para mí, el Capitaloceno es en parte un juego de palabras. Es una geopoética, un contrapunto a la extraordinaria popularidad del Antropoceno. Es una forma de llegar al corazón de la conversación iniciada por Crutzen y Stoermer (2000). Esa conversación, como vimos en la Parte I, ha sido doble. Una es un argumento sobre la estratigrafía. En esto, el criterio necesario para designar una nueva era geológica gira en torno a una ‘señal geológica’ que ‘debe ser suficientemente grande, clara y distintiva’ a escala global. Este es el Antropoceno geológico. Comienza, se nos dice ahora, a mediados de siglo, en el amanecer de la era atómica.

Luego, Moore suma varias descripciones contradictorias: el Capitaloceno “no es precisamente un argumento sobre historia geológica”, “la ‘Era del Capital’ necesariamente precede y precipita las ‘señales geológicas’”, “el Antropoceno sobrevivirá al capitalismo por muchos milenios”, “el Capitaloceno es un argumento sobre el pensamiento de la crisis ecológica”, “es una conversación sobre geohistoria en lugar de historia geológica, aunque, por supuesto, las dos están relacionadas”, “el Capitaloceno desafía el modelo de modernidad de dos siglos del Antropoceno Popular”, “la miopía histórica del Antropoceno parece ser inmanente a su cultura intelectual”, “el Capitaloceno desafía no solo a los científicos del sistema Tierra, sino también a los del ‘otro’ lado de las Dos Culturas, que se niegan a nombrar al sistema”. Lo sintetiza así:

El Capitaloceno, entonces, es un movimiento conceptual y metodológico clave para repensar el capitalismo como ‘un complejo históricamente situado de metabolismos y ensamblajes’. Este complejo incluye, pero no puede reducirse a, el circuito de reproducción ampliada del capital. La virtud del concepto, en relación con las alternativas, es su enfoque histórico-relacional<sup>95</sup>.

El argumento del Capitaloceno tiene cuatro importantes fallas. La principal es su intento de igualar geología con economía, subestimando las especificidades de cada una. Por ejemplo, si bien es cierto que el Antropoceno fue generado por el capitalismo en una determinada fase de su desarrollo (como el Cenozoico fue generado por un impacto de asteroide), la sustitución del nombre de Antropoceno por Capitaloceno abandonaría una visión crítica esencial. Foster y Clark lo resumen bien:

La noción del Antropoceno, tal como está demarcada en las ciencias naturales, representa un cambio irreversible en la relación de la humanidad con la Tierra. No puede haber una civilización industrial concebible en la Tierra a partir de este momento en la que la humanidad, si va a continuar existiendo, ya no sea la principal fuerza geológica que condiciona el sistema Tierra. Este es el sentido crítico del Antropoceno. Sustituir el término Antropoceno por el de Capitaloceno sería borrar esta comprensión científica fundamental. Es decir, incluso, si se supera el capitalismo (a través de un 'Gran Climático', que representa la transición a un orden mundial más sostenible) este límite fundamental se mantendrá. La humanidad continuará operando en un nivel en el que la escala de la producción humana rivalice con los ciclos biogeoquímicos del planeta y, por lo tanto, la elección es entre un desarrollo humano insostenible y un desarrollo humano sostenible. No hay vuelta atrás (excepto a través de un colapso civilizatorio y una extinción masiva) a una época en la que la historia humana tuvo poco o ningún efecto en el sistema Tierra<sup>96</sup>.

En segundo lugar, y como consecuencia de lo anterior, los defensores del Capitaloceno tienen muchas dificultades para explicar qué es (incluso sin acuerdo entre sí) y también a la hora de describir qué es el Antropoceno. Recordemos que según Malm, "los habitantes de Dominica nunca han vivido en lo que se denomina el Antropoceno", sino por el contrario "sufren los embates de una época más apropiadamente denominada Capitaloceno". Para él, mientras el Antropoceno es "una abstracción indefendible", "una designación científicamente más precisa sería el Capitaloceno", esto es, "la geología de la acumulación de capital". En *Anthropocene, Capitalocene, Plantationocene, Chthulucene: Making Kin* (2015), Haraway admite que "se justifica más de un nombre", esto es, "Antropoceno, Plantacionoceno y Capitaloceno", para luego proponer un concepto "tentacular": Chthuluceno. Pero más adelante sugiere la Era de la Indecisión (Dithering) como "un nombre más apropiado que Antropoceno o Capitaloceno"<sup>97</sup>. El caso de Moore es igual de confuso, aunque da más pistas que Haraway: el Capitaloceno sitúa el surgimiento del capitalismo "dentro de la red de la vida", "es el capitalismo no como sistema económico, sino como una ecología mundial", "el Capitaloceno es en parte un juego de palabras", "es una geopoética", "un contrapunto a la extraordinaria popularidad del Antropoceno", pero a la vez dice que el Capitaloceno "no es precisamente un argumento sobre historia geológica", que "la 'Era del Capital' necesariamente precede y precipita las 'señales geológicas'", dice que "el Capitaloceno es un argumento sobre el pensamiento de la crisis ecológica" y que "es una conversación sobre geohistoria en lugar de historia geológica". También dice que "el Capitaloceno es un movimiento conceptual y metodológico clave para repensar el capitalismo como 'un complejo históricamente situado de metabolismos y ensamblajes'", pero que "este complejo incluye el circuito de reproducción ampliada del capital", aunque no se reduce a él. El canadiense Ian Angus reconoce que simpatiza con la motivación de quienes buscan apuntar a la responsabilidad de los capitalistas, pero no cree que insistir en un cambio de nombre ayude a "la causa de la izquierda verde". Por el contrario, critica las inconsistencias lógicas de los defensores del Capitaloceno. En *A Redder Shade of Green: Intersections of Science and Socialism* (2017), el canadiense centra su crítica en Jason Moore:

Desafortunadamente para los lectores que buscan claridad, él nunca nos dice su definición de Capitaloceno, y lo que dice es oscuro y a menudo contradictorio. En un lugar dice que el Capitaloceno es 'la época histórica conformada por relaciones que privilegian la acumulación incesante de capital', lo que la convertiría en sinónimo de

capitalismo, pero en otro insiste en que 'el Capitaloceno no representa al capitalismo como un sistema económico y social'. (...) Evocador y tímido, pero insustancial. ¡Seguramente un concepto que se supone que es la base para rechazar un importante desarrollo histórico en las ciencias naturales merece una explicación más concreta!<sup>98</sup>.

En tercer lugar, los defensores del Capitaloceno padecen de cierto fetichismo eurocéntrico, ya que su narrativa se concentra en la Europa de fines del siglo XVIII, cuando las épocas geológicas, por definición, son fenómenos globales y sincrónicos. Por eso la historiadora Julia Thomas los llama "retromodernistas", porque subestiman otros factores ajenos a ese contexto.

En cuarto y último lugar, es poco práctico intentar reemplazar el término. Como vimos a lo largo de esta exposición, el término "antropoceno" ya está lo suficientemente arraigado en las ciencias naturales representando el reconocimiento de una transformación profunda en la historia humana y geológica, algo fundamental para comprender nuestro período de crisis ecológica planetaria. Como sarcásticamente Angus critica: "Hoy Antropoceno es ampliamente utilizado por científicos y no científicos por igual. Insistir en una palabra diferente (¿solo para uso de la izquierda?) únicamente puede causar confusión y desviar la atención de cuestiones mucho más importantes"<sup>99</sup>. La propia Haraway reconoce esto al señalar: "Debido a que la palabra ya está bien arraigada y parece menos controvertida para muchos actores importantes en comparación con el Capitaloceno, sé que seguiremos necesitando el término Antropoceno. Yo también lo usaré, con moderación"<sup>100</sup>.

Si el Megalayense surgió en el contexto de una megasecuía hace unos 4200 años, el Capitalinense lo hizo a mediados del siglo XX. ¿Cuál sería el rasgo distintivo de esta nueva edad geológica que nace con el Antropoceno y que la diferenciaría del Megalayense? Foster responde:

Las condiciones que diferencian el Megalayense del Capitalinense son esencialmente las de la Gran Aceleración, que marcó la transición del Holoceno al Antropoceno, lo cual está en línea con lo ya descrito por el GTA, como explicamos en *The Capitalinian*. Este mismo proceso de transición del Holoceno al Antropoceno dio lugar al Capitalinense<sup>101</sup>.

Como vimos mucho más arriba, la Gran Aceleración es un concepto que surge en el campo de las ciencias del sistema Tierra durante la Conferencia de Dahlem en 2005. En *The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration* (2015), Steffen y otros explican que el término se hizo eco del concepto de Karl Polanyi 'La gran transformación'. En su libro de 1944 del mismo nombre, este economista socialdemócrata describe la gran transformación de la civilización europea del mundo preindustrial a la era de la industrialización, y los cambios en las ideas, ideologías y políticas sociales y económicas que la acompañaron. "La civilización del siglo XIX se ha derrumbado", argumenta Polanyi.

Descansaba sobre cuatro instituciones. La primera fue el sistema de equilibrio de poder que durante un siglo impidió que se produjera una guerra larga y devastadora entre las grandes potencias. La segunda fue el patrón oro internacional, que simbolizaba una organización única de la economía mundial. La tercera fue el mercado autorregulado que produjo un bienestar material inaudito. La cuarta era el Estado liberal. [...] Entre ellas determinaron los trazos característicos de la historia de nuestra civilización. De estas instituciones, el patrón oro resultó crucial; su caída fue la causa próxima de la catástrofe. Cuando fracasó, la mayoría de las otras instituciones habían sido sacrificadas en un vano esfuerzo por salvarlo<sup>102</sup>.

Según Steffen y sus colegas, en *The Great Transformation*,

Polanyi presentó una comprensión holística de la naturaleza de las sociedades modernas, incluida la mentalidad, el comportamiento, la estructura y más. De manera similar, el término 'Gran Aceleración' tiene como objetivo capturar la naturaleza holística, integral e interrelacionada de los cambios posteriores a 1950 que se extienden simultáneamente a través de las esferas socioeconómicas y biofísicas del sistema Tierra, abarcando mucho más que el cambio climático<sup>103</sup>.

Al comienzo de lo que Foster y Clark proponen como primera edad del Antropoceno, asistimos a un salto cualitativo en la internacionalización de la economía, con lo que pasó a llamarse boom de posguerra. Tras la destrucción masiva de población humana y medios de producción, el capital monopolista global, arraigado en los Estados Unidos, entró en un período de expansión masiva, alimentado por la reconstrucción de Europa y Japón, la revolución petroquímica, el crecimiento del complejo automovilístico, la suburbanización, la creación de nuevos productos domésticos, la militarización y las tecnologías militares, el esfuerzo de ventas y el crecimiento del comercio internacional. Con la búsqueda incesante de ganancias que estimula la acumulación de capital, la producción y los rendimientos materiales para respaldar las operaciones del sistema económico se han expandido enormemente, imponiendo más demandas a los ecosistemas y generando más contaminación.

Los estudios avanzados sobre la relación entre la humanidad y la naturaleza han destacado a la Gran Aceleración como el fenómeno más notable del siglo XX. En *Sustainability or Collapse* (2006), la síntesis de la Conferencia de Dahlem, Robert Costanza, Lisa Graumlich y Will Steffen explican que la Gran Aceleración implica:

El fuerte aumento de la población humana, la actividad económica, el uso de recursos, el transporte, la comunicación y el conocimiento-ciencia-tecnología que se desencadenó en muchas partes del mundo (América del Norte, Europa Occidental, Japón y Australia/Nueva Zelanda) después de la Segunda Guerra Mundial y que ha continuado hasta este siglo. Otras partes del mundo, especialmente la región monzónica de Asia, ahora también se encuentran en medio de su propia Gran Aceleración. Su motor es un sistema interrelacionado que consiste en el aumento de la población, el aumento del consumo, la abundancia de energía y la liberalización de las economías políticas. La globalización, especialmente una base de conocimientos en explosión y una conectividad y flujo de información en rápida expansión, actúa como un fuerte acelerador del sistema. Sus efectos ambientales son claramente visibles a escala global: cambios en la química atmosférica y el clima, degradación de muchos servicios ecosistémicos y homogeneización del tejido biótico del planeta. Podría decirse que la Gran Aceleración es el cambio más profundo y rápido en la relación humano-ambiente que ha experimentado la Tierra<sup>104</sup>.

El estudio de la Gran Aceleración fue acompañado con la publicación de 24 gráficos que mostraban las tendencias socioeconómicas y biogeofísicas entre 1750 y 2000, cuyos datos fueron actualizados en 2015. Doce para las tendencias socioeconómicas y doce para las biogeofísicas:

1. Datos de población mundial.
2. Producto Interno Bruto real mundial.
3. Inversión extranjera directa global en dólares.
4. Datos de población urbana global.
5. Consumo mundial de energía primaria.
6. Consumo global de fertilizantes (nitrógeno, fosfato y potasio).
7. Número total mundial de represas mayores a 15 metros.
8. Uso global de agua para riego, doméstico, manufactura, electricidad y ganado.

9. Producción mundial de papel.
10. Número global de vehículos de motor nuevos por año.
11. Suma global de líneas fijas y suscripciones de telefonía móvil.
12. Número de llegadas internacionales por año.
13. Dióxido de carbono de registros de núcleos de hielo y firn.
14. Óxido nitroso de registros de núcleos de hielo y firn.
15. Metano de registros de núcleos de hielo y firn.
16. Porcentaje máximo de ozono total en columna.
17. Anomalías de la temperatura global de la superficie.
18. Acidificación de los océanos en iones de hidrógeno.
19. Producción mundial de capturas de peces marinos.
20. Producción mundial de camarones de acuicultura.
21. Flujo de perturbación de nitrógeno inducido en el margen costero.
22. Pérdida de bosques tropicales.
23. Aumento del área de tierras agrícolas.
24. Porcentaje de disminución en abundancia media de especies terrestres.

En la reactualización dirigida por Steffen en 2015, las tendencias socioeconómicas de la Gran Aceleración diferenciaban las actividades entre países ricos (OCDE), aquellos con economías emergentes y el resto del mundo:

La mayor parte del crecimiento de la población desde 1950 se ha producido en el mundo no perteneciente a la OCDE, pero la economía mundial (PIB), y por lo tanto el consumo, todavía está fuertemente dominada por el mundo de la OCDE. Los indicadores del sistema Tierra, en general, continuaron con su aumento posindustrial a largo plazo, aunque algunos, como la concentración de metano atmosférico y la pérdida de ozono estratosférico, mostraron una desaceleración o una estabilización aparente durante la última década. La aceleración posterior a 1950 en los indicadores del sistema Tierra sigue siendo clara. Solo más allá de mediados del siglo XX hay evidencia clara de cambios fundamentales en el estado y el funcionamiento del sistema Tierra que están más allá del rango de variabilidad del Holoceno e impulsados por actividades humanas. Por lo tanto, de todos los candidatos para una fecha de inicio del Antropoceno, el comienzo de la Gran Aceleración es, por mucho, el más convincente desde la perspectiva científica del sistema Tierra<sup>105</sup>.

En términos estratigráficos estas afirmaciones tienen su correlato. En 2017, el GTA publicó en *Anthropocene* su resumen de la evidencia y las recomendaciones provisionales que presentaron en el Congreso Geológico Internacional de Sudáfrica. Allí dicen:

El impacto humano ha dejado huellas perceptibles en el registro estratigráfico durante miles de años, de hecho, desde antes del comienzo del Holoceno. Sin embargo, los cambios sustanciales y aproximadamente sincrónicos a nivel global en el sistema Tierra se intensificaron más claramente en la 'Gran Aceleración' de mediados del siglo XX. Esta fecha también coincide con el conjunto más claro y distintivo de señales antropogénicas grabadas en los estratos depositados recientemente. Por lo tanto, la mitad del siglo XX representa el comienzo óptimo de una época potencial del Antropoceno". En cuanto al mejor marcador primario para esta nueva época, el GTA se inclinó por los "radionúclidos (plutonio, radiocarbono) asociadas con el *Bomb Spike*, ya que estas proporcionan posiblemente la señal más nítida y más extendida a nivel mundial<sup>106</sup>.

Contra este importante cuerpo de análisis, el científico nuclear Ron W. Nielsen analizó matemáticamente el conjunto de datos de la Gran Aceleración de Steffen de 2015 y combinó estos datos con un análisis anterior de la población humana y el crecimiento económico. Así, Nielsen afirmó en *Episodes* que las tasas de crecimiento de la mayoría de los conjuntos de datos se ajustan a trayectorias hiperbólicas hasta alrededor de 1960 o más tarde, momento

en el que se apartan de esa tendencia histórica hacia períodos de tasas de crecimiento decrecientes, lo que lo llevó a la introducción del término “Gran Desaceleración”. Llegó a la conclusión de que los datos de la Gran Aceleración no se pueden usar para respaldar un comienzo del Antropoceno y que, de hecho, sin una intensificación repentina del crecimiento, no hay evidencia que justifique una nueva época geológica.

En *The Great Deceleration and proposed alternative interpretation of the Anthropocene* (2020), Nielsen dice:

Los datos por sí solos (sin su análisis matemático) demuestran que no hay evidencia de apoyo en los indicadores puramente antropogénicos para afirmar el comienzo del Antropoceno alrededor de 1950 o alrededor de 1800, o al menos en cualquier otro momento. El análisis matemático confirma y refuerza esta conclusión. Los datos por sí solos demuestran también que para los indicadores puramente antropogénicos hubo una desaceleración abrupta en las actividades humanas y los impactos a mediados del siglo XX o una desaceleración continua durante todo el intervalo de tiempo para el que se dispone de datos. Esta característica se describe aquí como la Gran Desaceleración. (...) El examen del crecimiento de la población humana (homininos) desde hace unos 2 000 000 de años sugiere que lo que ahora se llama Antropoceno podría ser solo una continuación natural de un proceso que trasciende las épocas del Pleistoceno y el Holoceno. El Antropoceno podría ser solo una parte de la historia humana sin ser parte de un proceso geológico. Los impactos y las actividades humanas ahora son fuertes, pero es cuestionable si son lo suficientemente fuertes como para causar una transición a una nueva época geológica<sup>107</sup>.

En respuesta, los científicos del GTA publicaron *The Great Acceleration is real and provides a quantitative basis for the proposed Anthropocene Series/Epoch* (2021). Allí dicen:

La Gran Aceleración de mediados del siglo XX, a partir de una serie de indicadores socioeconómicos y del sistema Tierra, nunca tuvo la intención de representar una aceleración matemática estricta, sino de reflejar el sorprendente aumento en las magnitudes de estos indicadores y las implicaciones de dicho cambio. Los cuestionamientos al concepto de Gran Aceleración y, por lo tanto, del Antropoceno no consideran los usos descriptivos más amplios del término 'aceleración', confiando en cambio en métodos de ajuste de curvas que subestiman la complejidad del sistema Tierra y las implicaciones de las cargas ambientales, y malinterpretan el proceso utilizado en la definición de unidades cronoestratigráficas/geocronológicas formales. (...) La noción de una 'Gran Desaceleración' a mediados del siglo XX es simplemente una consecuencia esperada de una marcada aceleración: en el mundo real, los aumentos hiperbólicos no pueden sostenerse durante períodos prolongados. Es importante destacar que una desaceleración no impide un aumento continuo en el crecimiento del parámetro, incluso si se reduce la tasa de crecimiento. La consiguiente magnitud del aumento entre los indicadores clave del sistema Tierra representa una trayectoria planetaria que se apartó de la envolvente de la variabilidad del Holoceno a mediados del siglo XX y aboga por un Antropoceno en los rangos de serie y época<sup>108</sup>.

Los impactos humanos tienen una historia larga y atenuada que se remonta al Pleistoceno tardío, pero no se convirtieron en una fuerza ambiental global abrumadora sino hasta mediados del siglo XX. El Antropoceno es una respuesta planetaria compleja al impacto humano que involucra retrasos, cambios abruptos y ciclos de retroalimentación. Sin embargo, la Gran Aceleración no puede definir por sí misma una nueva unidad dentro de la escala geológica de tiempo. Puede brindar una ruptura crucial de magnitud en la narrativa de la historia de la Tierra para justificar la inclusión del Antropoceno, pero solo un marcador estratigráfico primario (un GSSP) puede definir esta nueva época permitiendo una correlación global precisa de la base del Antropoceno. El plutonio-239 es prometedor como señal. Surge localmente en 1945 a partir de la detonación atmosférica de dispositivos

atómicos (fisión), seguida de una señal detectable y distribuida globalmente en archivos geológicos que surge de las pruebas atmosféricas de los dispositivos termonucleares (fusión) de mucho mayor rendimiento de 1952.

En 2015 el GTA propuso fijar de manera específica el 16 de julio de 1945 como la fecha de inicio del Antropoceno, debido a que ese día tuvo lugar Trinity, la primera detonación nuclear de la historia. Por entonces el GTA argumentaba que no era necesario un GSSP, sino un Global Standard Stratigraphic Age (GSSA), es decir, un punto en el tiempo del calendario humano. En *When did the Anthropocene begin? A mid-twentieth century boundary level is stratigraphically optimal* (2015) dijeron:

Proponemos un nivel límite apropiado aquí por ser el momento de la primera explosión de una bomba nuclear en el mundo, el 16 de julio de 1945 en Alamogordo, Nuevo México. Se detonaron bombas adicionales a una tasa promedio de una cada 9,6 días hasta 1988, con la correspondiente lluvia radioactiva en todo el mundo fácilmente identificable en el registro quimioestratigráfico. Por lo tanto, los depósitos del Antropoceno serían aquellos que pueden incluir el radionucleido artificial primario distribuido globalmente, mientras que también se reconoce utilizando una amplia gama de otros criterios estratigráficos<sup>109</sup>.

Sin embargo, esta propuesta fue descartada posteriormente. Waters lo explica:

En efecto, se estaba sugiriendo que el inicio de la era atómica podría tomarse como lo que llamamos GSSA (Edad Estratigráfica Estándar Global). Esto posteriormente no fue alentado por la Comisión Internacional de Estratigrafía, que se está moviendo para asegurar que todas las unidades de tiempo estén definidas por un GSSP. Efectivamente, se trata de un punto, comúnmente conocido como clavo dorado, ubicado dentro de una sección de estratotipo que se utiliza como referencia global con la que se pueden correlacionar todas las demás secciones. El otro problema fue que un análisis posterior<sup>110</sup> mostró que las consecuencias de la prueba Trinity solo se distribuyeron regionalmente, como ocurre con todas las pruebas atómicas (de fisión) anteriores. No fue hasta 1952 que las primeras bombas de hidrógeno (fusión), que tenían rendimientos mucho mayores, produjeron señales verdaderamente globales. Esta fecha de 1952 también está más alineada con el concepto del inicio de la Gran Aceleración de la población mundial, el crecimiento económico, el comercio mundial y la innovación técnica centrada en 1950 y que ha impulsado muchos de los cambios físicos, químicos y biológicos observados en los registros geológicos.

Si finalmente se adoptara esta señal, sería solo sobre la base de la utilidad estratigráfica, abiertamente desvinculada de la era atómica y todas sus connotaciones, aunque vagamente vinculada por asociación con el aumento general de la tecnología a mediados del siglo XX. De ser elegida, esta señal estaría acompañada por muchos marcadores estratigráficos secundarios más estrechamente asociados con los impulsores del Antropoceno. Y al igual que con la edad Megalayense, la formalización del Antropoceno proporcionará una base isócrona que complementará las muchas escalas de tiempo diacrónicas que ya trazan tanto las actividades culturales humanas como los cambios ambientales naturales.

A partir de las primeras detonaciones nucleares y termonucleares la humanidad emergió como una fuerza capaz de afectar masivamente a todo el sistema Tierra en una escala geológica de millones de años. La década de 1950 se caracteriza por haber dado paso a la "era sintética", no solo por el advenimiento de la era nuclear en sí misma, sino también por la proliferación masiva de plásticos y otros productos petroquímicos asociados con el crecimiento global y la consolidación del capitalismo monopolista. Todo esto no niega la importancia de numerosas otras fuerzas geológicas que no se ven afectadas por la acción humana, como la tectónica de placas, el vulcanismo, la erosión y la meteorización de las rocas. Sin embargo, y tal como reconoce el propio GTA:

El Antropoceno en su sentido geológico (es decir, cronoestratigráfico/geocronológico) abarca todos los eventos y procesos en la Tierra durante su período, ya sean humanos o naturales. De hecho, la distinción humana/natural en sí misma es cada vez más redundante, ya que la historia humana y la historia natural ahora se han fusionado en una sola historia. Por lo tanto, el Antropoceno abarca erupciones volcánicas, terremotos, el paso de corrientes oceánicas y cambios de clima, así como actividades sociales y económicas humanas<sup>111</sup>.

Según Foster y Clark, las condiciones socioeconómicas del Capitalinense tendrán que dar lugar a un conjunto radicalmente transformado de relaciones socioeconómicas y a un nuevo modo de producción humana sostenible, basado en una relación más comunitaria de los seres humanos entre sí y con la Tierra, salvo se produzca un evento de extinción del final del Antropoceno e incluso del final del Cuaternario. Foster explica:

El significado real del Capitalinense radica en la noción de que es la primera edad del Antropoceno y que apunta a la importancia del Gran Climaterio que se necesita para forjar una segunda edad del Antropoceno que representaría una relación sostenible con la Tierra, algo que constituiría inherentemente un proceso social e histórico. Designamos la necesaria segunda edad más sostenible como la Communense, que debe comenzar alrededor de mediados del siglo XXI si ha de persistir algo parecido a una civilización global estable.

Un climaterio (del griego *klimaktēro*, escalón) es un período de transición crítica. En botánica es el proceso fisiológico que marca el final de la maduración de la fruta. En fisiología humana es un periodo de transición antes de la menopausia como consecuencia del agotamiento ovárico. Desde un punto de vista social, el climaterio plantea cuestiones de transformación histórica frente a condiciones cambiantes. En la década de 1980, los geógrafos ambientales Ian Burton y Robert Kates se refirieron al "Gran Climaterio" para abordar el problema ecológico global de los límites del crecimiento. Foster usa el término Gran Climaterio Capitalista para referirse a la necesaria transición social de época asociada con la actual emergencia planetaria: "Se refiere tanto a la necesidad objetiva de un cambio hacia una sociedad sostenible como a la amenaza a la existencia del homo sapiens (así como de muchas otras especies) si se permite que la lógica de la acumulación de capital continúe dictando a la sociedad en su conjunto".

Los científicos del GTA esperan que la evidencia hable por sí misma cuando sea compartida con el público en Berlín entre el 18 y el 22 de mayo en la Casa de las Culturas del Mundo (HKW). Las primeras civilizaciones surgieron gracias al aumento de la humedad atmosférica y la estabilización del nivel del mar, al permitir el desarrollo de la agricultura y la urbanización. Ahora el homo sapiens, única especie humana sobreviviente del Cuaternario, transita una nueva época geológica cuyas condiciones ambientales ponen en grave peligro su futuro. De mantener un escenario similar al del Holoceno dependerá que nuestra civilización tenga una segunda oportunidad. Bienvenidos al Antropoceno.

*Viernes 13 de mayo de 2022  
Buenos Aires, Argentina*



- 
- <sup>1</sup> Los testimonios de Jan Zalasiewicz fueron recogidos de una entrevista electrónica realizada el 27 de abril de 2021.
- <sup>2</sup> Steffen, W., Rockström, J., Richardson, K., Lenton, T. M., Folke, C., Liverman, D., et al. (2018). Trajectories of the Earth System in the Anthropocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115(33), 8252–8259. <https://doi.org/10.1073/pnas.1810141115>
- <sup>3</sup> Entrevista electrónica realizada el 6 de marzo de 2022.
- <sup>4</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change. (2018). In V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, & J. Skea, et al. (Eds.), [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](#) (616 pp.). La cita utilizada corresponde a la página 54.
- <sup>5</sup> WWF. (2018). In M. Grooten & R. E. A. Almond (Eds.), [Living planet report—2018: Aiming higher](#) (146 pp.). Gland, Switzerland: WWF. La cita utilizada corresponde a la página 22.
- <sup>6</sup> European Environment Agency. (2020). [Drivers of change of relevance for Europe's environment and sustainability](#) (EEA Rep. 25/2019). Luxembourg: Publications office of the European Union. La cita utilizada corresponde a la página 7.
- <sup>7</sup> Entrevista electrónica realizada el 20 de abril de 2022.
- <sup>8</sup> Zalasiewicz, J., Williams, M., Smith, A., Barry, T. L., Coe, A. L., Bown, P. R., et al. (2008). Are we living in the Anthropocene? *GSA Today*, 18(2), 4–8. <https://doi.org/10.1130/GSAT01802A.1>
- <sup>9</sup> Compiled ICS Subcommission [Annual Reports for 2009](#). Subcommission on Quaternary Stratigraphy (SQS). December 2009. International Commission on Stratigraphy. International Union of Geological Sciences. La cita utilizada corresponde a las páginas 4 y 5.
- <sup>10</sup> Zalasiewicz, J., Waters, CN et al. When did the Anthropocene begin? A mid-twentieth century boundary level is stratigraphically optimal. *Quat. Int.*, 383: 196-203. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.11.045>
- <sup>11</sup> Waters, CN et al. 2016. The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene. *Science*, 351 (6269): 137. [DOI: 10.1126/science.aad2622](https://doi.org/10.1126/science.aad2622)
- <sup>12</sup> Zalasiewicz, J. et al. 2019. A formal Anthropocene is compatible with but distinct from its diachronous anthropogenic counterparts: a response to Ruddiman's 'three flaws in defining a formal Anthropocene'. *Progress in Physical Geography*, 43(3): 319-333. <https://doi.org/10.1177/0309133319832607>
- <sup>13</sup> Zalasiewicz, J., Waters, C. N. et al. (Eds.) (2019). [The Anthropocene as a Geological Time Unit](#). A Guide to the Scientific Evidence and Current Debate. Cambridge University Press.
- <sup>14</sup> Newsletter of the Anthropocene Working Group. [Volume 9: Report of activities 2019](#). December 2019. Subcommission on Quaternary Stratigraphy. International Commission on Stratigraphy. International Union of Geological Sciences.
- <sup>15</sup> Los testimonios de Colin Waters fueron recogidos de una entrevista electrónica realizada el 02 de octubre de 2021.
- <sup>16</sup> Newsletter of the Anthropocene Working Group. [Volume 10: Report of activities 2020](#). December 2020. Subcommission on Quaternary Stratigraphy. International Commission on Stratigraphy. International Union of Geological Sciences.
- <sup>17</sup> Los testimonios de Simon Turner fueron recogidos de dos entrevistas electrónicas realizadas el 13 de enero y el 16 de marzo de 2022.
- <sup>18</sup> Zalasiewicz, J., Waters, C. N., Ellis, E. C., Head, M. J., Vidas, D., Steffen, W., et al. (2021). The Anthropocene: comparing its meaning in geology (chronostratigraphy) with conceptual approaches arising in other disciplines. *Earth's Future*, 9(3). <https://doi.org/10.1029/2020EF001896>
- <sup>19</sup> Woods, Alan y Grant, Ted. (1991). La dialéctica de la geología. En *Razón y revolución: Filosofía marxista y ciencia moderna*, Fundación Federico Engels, 2002. P245-256.
- <sup>20</sup> Finney, S. C., & Edwards, L. E. (2016). The "Anthropocene" epoch: Scientific decision or political statement? *Geological Society of America Today*, 26(2–3). P4–10. <https://doi.org/10.1130/GSATG270A.1>
- <sup>21</sup> Walker, M., Gibbard, P., Lowe, J., 2015. Comment on "When did the Anthropocene begin? A mid-twentieth century boundary is stratigraphically optimal" by Jan Zalasiewicz et al. (2015), *Quaternary International*, 383. P196–203. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.04.007>
- <sup>22</sup> Whitney J. A., John M. H., 2012. Is the Anthropocene an issue of stratigraphy or pop culture? *Geological Society of America Today*, 22(7). P60–61. <https://doi.org/10.1130/G153GW.1>
- <sup>23</sup> Zalasiewicz, J., Waters, C. N., Ellis, E. C., Head, M. J., Vidas, D., Steffen, W., et al. (2021). P6.
- <sup>24</sup> Zalasiewicz, J., Waters, CN et al. 2017. Making the case for a formal Anthropocene Epoch: an analysis of ongoing critiques. *Newsletters on Stratigraphy*, 50(2). P205-226. [DOI: 10.1127/nos/2017/0385](https://doi.org/10.1127/nos/2017/0385)

- <sup>25</sup> Los testimonios de Phil Gibbard fueron recogidos de una entrevista electrónica realizada el 05 de abril de 2022.
- <sup>26</sup> Gibbard, P. L., y Walker, M. J. C. (2014). The term “Anthropocene” in the context of formal geological classification. In C. N. Waters, J. A. Zalasiewicz, M. Williams, M. A. Ellis, & A. M. Snelling (Eds.), *A stratigraphical basis for the Anthropocene*. Geological Society, London, Special Publications, Vol. 395, P29–37. London, UK: Geological Society. <https://doi.org/10.1144/SP395.1>
- <sup>27</sup> Bauer, A.M., Edgeworth, M., Edwards, L.E., Ellis, E.C., Gibbard, P. and Merritts, D.J., (2021). Anthropocene: event or epoch? *Nature*, 597(7876), P332 <https://doi.org/10.1038/d41586-021-02448-z>
- <sup>28</sup> Gibbard, P.L., Bauer, A.M., Edgeworth, M., Ruddiman, W.F., Gill, J.L., Merritts, D.J., Finney, S.C., Edwards, L.E., Walker, M.J.C., Maslin, M. and Ellis, E.C. (2021). A practical solution: the Anthropocene is a geological event, not a formal epoch. *Episodes -0001*, <https://doi.org/10.18814/epiugs/2021/021029>
- <sup>29</sup> Steffen, W., Rockström, J., Richardson, K., Lenton, T. M., Folke, C., Liverman, D., et al. (2018). 8252.
- <sup>30</sup> Thomas, J. A., (2020). The Anthropocene Earth System and Three Human Stories. En Thomas, J. A. y Zalasiewicz, J. (Ed.), *Strata and Three Stories*. RCC Perspectives, Transformations in Environment and Society (2020). P55.
- <sup>31</sup> Day, J. W., Gunn, J. D., Folan, W. J., Yañez-Arancibia, A., Horton, B. P. (2007). Emergence of Complex Societies After Sea Level Stabilized. *Eos, Transactions American Geophysical Union* 88(15). P169–170. <DOI:10.1029/2007EO150001>
- <sup>32</sup> Steffen, W., Rockström, J., Richardson, K., Lenton, T. M., Folke, C., Liverman, D., et al. (2018). P8256.
- <sup>33</sup> Ripple, W. J., Wolf, C., Newsome, T. M., Barnard, P., Moomaw, W. R., (2019). World Scientists’ Warning of a Climate Emergency. *BioScience*, Volume 70, Issue 1, January 2020. P8–12, <https://doi.org/10.1093/biosci/biz088>
- <sup>34</sup> Bolin, B., Belousov, V.V., di Castri, F., Eddy, J. A., Ernster, L., Kendrew, J. C., Lal, D., Ma, X., Malone, T., F., Straub, F. B. The International Geosphere-Biosphere Programme: *A Study of Global Change. Final Report of the Ad Hoc Planning Group*. ICSU 21st General Assembly, Berne, Switzerland 14-19 September, 1986. P3.
- <sup>35</sup> Roederer, Juan G. (1986). ICSU gives green light to IGBP. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, Volume 67, Issue 41. P777-781 <https://doi.org/10.1029/EO067i041p00777-01>
- <sup>36</sup> Schellnhuber, H. J. (2021). Paul Josef Crutzen: Ingeniousness and innocence. *PNAS*, Vol. 118 No. 17 <https://doi.org/10.1073/pnas.2104891118>
- <sup>37</sup> Los testimonios de Will Steffen fueron recogidos de una entrevista electrónica realizada el 12 de noviembre de 2021.
- <sup>38</sup> Steffen, W., Sanderson, R.A., Tyson, P.D., Jäger, J., Matson, P.A., Moore III, B., Oldfield, F., Richardson, K., Schellnhuber, H. J., Turner, B.L., Wasson, R.J. (2004). *Global Change and the Earth System: A Planet under Pressure*. The IGBP book series (336 pp.). Berlin/Heidelberg, Germany/New York: Springer-Verlag.
- <sup>39</sup> Crutzen, Paul (1995). *My Life with O3, NOx and Other YZOx*. Nobel Lecture. The Nobel Prize in Chemistry 1995. P200.
- <sup>40</sup> Zalasiewicz, J., Waters, C., Steffen, W. (2021). [Remembering the Extraordinary Scientist Paul Crutzen \(1933–2021\)](https://doi.org/10.1038/d41586-021-02448-z). *Scientific American*. February 5, 2021.
- <sup>41</sup> Crutzen, Paul (2015). The Background of an Ozone Researcher: A Brief Autobiography. Crutzen, J. y Brauch, H. G. (Eds), en [Paul J. Crutzen: A Pioneer on Atmospheric Chemistry and Climate Change in the Anthropocene](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-9888-8). Springer, Nobel Laureates, 2016.
- <sup>42</sup> Schellnhuber, H. J. (1999). ‘Earth system’ analysis and the second Copernican revolution. *Nature* 402, C19–C23 (1999). <https://doi.org/10.1038/35011515>
- <sup>43</sup> Crutzen, P. J., y Stoermer, E. F. (2000). The “Anthropocene”. [IGBP Newsletter 41](https://doi.org/10.1038/d41586-021-02448-z). The International Geosphere–Biosphere Programme (IGBP): A Study of Global Change of the International Council for Science (ICSU).
- <sup>44</sup> Hibbard, K.A., Crutzen, P.J., Lambin, E.F., Liverman, D.M., Mantua, N.J., McNeill, J.R., Messerli, B., Steffen, W. 2006. Decadal-scale interactions of humans and the environment. In Costanza, R., L.J. Graumlich, and W. Steffen (eds.), *Sustainability or Collapse? An Integrated History and Future of People on Earth*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- <sup>45</sup> Will Steffen, Paul J. Crutzen, y John R. McNeill (2007). The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature, *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 36(8), 614-621. [https://doi.org/10.1579/0044-7447\(2007\)36\[614:TAAHNO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1579/0044-7447(2007)36[614:TAAHNO]2.0.CO;2)
- <sup>46</sup> Syvitski, J., Waters, C.N., Day, J. et al. Extraordinary human energy consumption and resultant geological impacts beginning around 1950 CE initiated the proposed Anthropocene Epoch. *Commun Earth Environ* 1, 32 (2020). <https://doi.org/10.1038/s43247-020-00029-y>

- 
- <sup>47</sup> Grinevald, J., McNeill, J., Oreskes, N., Steffen, W., Summerhayes, C. P. y Zalasiewicz, J. (2019). En Zalasiewicz, J., Waters, C. N. et al. (Eds.) (2019). *The Anthropocene as a Geological Time Unit. A Guide to the Scientific Evidence and Current Debate*. Cambridge University Press. P4-11.
- <sup>48</sup> Datos aportados por Head, M. J. (2019) Formal subdivision of the Quaternary System/Period: Present status and future directions. *Quaternary International Volume 500*, January 2019. P32-51. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.05.018> y Head MJ, Steffen W, Fagerlind D, Waters CN, Poirier C, Syvitski J, Zalasiewicz JA, Barnosky AD, Cearreta A, Jeandel C, Leinfelder R, McNeill J, Rose NL, Summerhayes C, Wapreuch M, Zinke J. The Great Acceleration is real and provides a quantitative basis for the proposed Anthropocene Series/Epoch. *Episodes*. <https://doi.org/10.18814/epiugs/2021/021031>
- <sup>49</sup> Hallé, C., y Milon, A. S. (2020). The infinity of the Anthropocene: A (Hi)story with a thousand names. In B. Latour & P. Weibel (Eds.), [\*Critical zones: The science and politics of landing on Earth\*](#) (PP44–49). Cambridge, MA: MIT Press.
- <sup>50</sup> Thomas, J. A., (2020). The Anthropocene Earth System and Three Human Stories. P43.
- <sup>51</sup> Zalasiewicz, J., Waters, C. N., Ellis, E. C., Head, M. J., Vidas, D., Steffen, W., et al. (2021). P19.
- <sup>52</sup> Malm, Andreas (2018). The view from Dominica: Anthropocene or Capitalocene? [\*The UNESCO Courier\*](#), April-June 2018. P23-25.
- <sup>53</sup> Moore, Jason W. (2016). The Rise of Cheap Nature. En Moore, J. W. (Eds), *Anthropocene or Capitalocene? Nature, History, and the Crisis of Capitalism*. PM Press. PP78-115. Sociology Faculty Scholarship. 2. [https://orb.binghamton.edu/sociology\\_fac/2](https://orb.binghamton.edu/sociology_fac/2)
- <sup>54</sup> Moore, Jason W. (2015). *Capitalism in the Web of Life: Ecology and the Accumulation of Capital*. Verso 2015.
- <sup>55</sup> Angus, Ian (2016). Appendix: Confusions and Misconceptions. En [\*Facing the Anthropocene: Fossil Capitalism and the Crisis of the Earth System\*](#). Monthly Review Press, 2016. P231.
- <sup>56</sup> Scott, James (2017). [\*Against the Grain: A Deep History of the Earliest States\*](#). New Haven: Yale University Press, 2017. P19–20.
- <sup>57</sup> Smith, B. D. y Zeder, M. A. (2013). The onset of the Anthropocene. *Anthropocene* 4, December 2013. P8-13. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2013.05.001>
- <sup>58</sup> Ruddiman, W.F., He, F., Vavrus, S.J., Kutzbach, J.E. (2020). The early anthropogenic hypothesis: A review. *Quaternary Science Reviews* 240, 15 July 2020. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2020.106386>
- <sup>59</sup> Certini, G., Scalenghe, R. (2011). Anthropogenic soils are the golden spikes for the Anthropocene. *The Holocene*. 21(8). P1269-1274. [doi:10.1177/0959683611408454](https://doi.org/10.1177/0959683611408454)
- <sup>60</sup> Wapreuch M, Draganits E. (2018). Early mining and smelting lead anomalies in geological archives as potential stratigraphic markers for the base of an early Anthropocene. *The Anthropocene Review*. 5(2). P177-201. [doi:10.1177/2053019618756682](https://doi.org/10.1177/2053019618756682)
- <sup>61</sup> Koch, A., Brierley, C., Maslin, M. M., Lewis, S. L. (2019). Earth system impacts of the European arrival and Great Dying in the Americas after 1492. *Quaternary Science Reviews* 207, 1 March 2019. P13-36. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2018.12.004>
- <sup>62</sup> Zalasiewicz, J., Waters, C. N., Ellis, E. C., Head, M. J., Vidas, D., Steffen, W., et al. (2021). P13.
- <sup>63</sup> Suckling, Kieran (2014). [\*Against the Anthropocene\*](#). Immanence: ecoculture, geophilosophy, mediapolitics blog post, July 7, 2014.
- <sup>64</sup> Baskin, Jeremy (2014). [\*The Ideology of the Anthropocene\*](#). En Rickards, Lauren (Eds) Research Paper No. 3, Melbourne Sustainable Society Institute, 01 May 2014. University of Melbourne.
- <sup>65</sup> Malm A, Hornborg A (2014). The geology of mankind? A critique of the Anthropocene narrative. *The Anthropocene Review*. 1(1). P62-69. [doi:10.1177/2053019613516291](https://doi.org/10.1177/2053019613516291)
- <sup>66</sup> Angus, Ian (2016). P226.
- <sup>67</sup> Crutzen, P. Geology of mankind. *Nature* 415, 23 (2002). <https://doi.org/10.1038/415023a>
- <sup>68</sup> Steffen, W., Sanderson, R.A., Tyson, P.D., Jäger, J., Matson, P.A., Moore III, B., Oldfield, F., Richardson, K., Schellnhuber, H. J., Turner, B.L., Wasson, R.J. (2004). P4-5.
- <sup>69</sup> Steffen, W., Sanderson, R.A., Tyson, P.D., Jäger, J., Matson, P.A., Moore III, B., Oldfield, F., Richardson, K., Schellnhuber, H. J., Turner, B.L., Wasson, R.J. (2004). P81, 84, 89, 90.
- <sup>70</sup> Steffen, W., Persson, Å., Deutsch, L. et al. The Anthropocene: From Global Change to Planetary Stewardship. *AMBIO* 40, 739 (2011). <https://doi.org/10.1007/s13280-011-0185-x>
- <sup>71</sup> Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E., Biggs, R., & de Vries, W. (2015). Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), [1259855]. <https://doi.org/10.1126/science.1259855>
- <sup>72</sup> Steffen W, Broadgate W, Deutsch L, Gaffney O, Ludwig C. (2015). The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*. 2015;2(1). P81-98. [doi:10.1177/2053019614564785](https://doi.org/10.1177/2053019614564785)

- 
- <sup>73</sup> Chakrabarty, Dipesh (2018). The Anthropocene Time. History and Theory: Studies in the Philosophy of History. Volume 57, Issue 1, March 2018. P5-32. <https://doi.org/10.1111/hith.12044>
- <sup>74</sup> Donges JF, Winkelmann R, Lucht W, et al. (2017) Closing the loop: Reconnecting human dynamics to Earth System science. The Anthropocene Review. 4(2). P151-157. [doi:10.1177/2053019617725537](https://doi.org/10.1177/2053019617725537)
- <sup>75</sup> Steffen, W., Rockström, J., Richardson, K., Lenton, T. M., Folke, C., Liverman, D., et al. (2018). P8253.
- <sup>76</sup> Thomas, J. A., (2020). P56.
- <sup>77</sup> Thomas, J. A., (2020). P57.
- <sup>78</sup> Thomas, Julia A. (2017). Historia económica en el Antropoceno: cuatro modelos. En Desacatos: Revista de Ciencias Sociales N 54, 2017 (Ejemplar dedicado a: Cambio climático y Antropoceno), P28-39. Traducción: Amanda Sucar Warrener. <https://doi.org/10.29340/54.1738> Aquí se incluyen los testimonios y reflexiones de Ross, Ghosh, Pomeranz, Parthasarathi y Sen.
- <sup>79</sup> Malm, Andreas y Alf Hornborg (2014). P3.
- <sup>80</sup> Arias-Maldonado M. (2020) Bedrock or social construction? What Anthropocene science means for political theory. The Anthropocene Review. 7(2). P97-112. [doi:10.1177/2053019619899536](https://doi.org/10.1177/2053019619899536)
- <sup>81</sup> Beeson, M. (2010). The coming of environmental authoritarianism. Environmental Politics 19, (2010) Issue 2: Symposium on Climate Change Policy and Politics <https://doi.org/10.1080/09644010903576918>
- <sup>82</sup> Vidas, Davor; Freestone, David; y McAdam, Jane (2015) [International Law And Sea Level Rise: The New ILC Committee](https://doi.org/10.1017/S0022216X1500009), ILSA Journal of International & Comparative Law: Vol. 21: Iss. 2, Article 9.
- <sup>83</sup> Vidas, Davor (2011). The Anthropocene and the international law of the sea. Philosophical Transactions of the Royal Society A. 13 March. 369909–925 <https://doi.org/10.1098/rsta.2010.0326>
- <sup>84</sup> Zalasiewicz, J., Waters, C. N., Ellis, E. C., Head, M. J., Vidas, D., Steffen, W., et al. (2021). P15.
- <sup>85</sup> Brown, P., & Timmerman, P. (Eds.). (2015). [Ecological economics for the Anthropocene: An Emerging Paradigm](https://doi.org/10.1017/CBO9780511525381) (408 pp). New York, NY: Columbia University Press. P357.
- <sup>86</sup> Raworth, K. (2017). [Donut economics: Seven ways to think like a 21st-century economist](https://doi.org/10.1017/9781107305533) (271 pp.). London: Random House Business Books. P215.
- <sup>87</sup> El enlace a la publicación original de la Comisión Estratigráfica Internacional [Collapse of Civilizations Worldwide Defines Youngest Unit of the Geologic Time Scale](https://doi.org/10.1017/S0022216X1500009) se encuentra roto, por lo que aquí se recurrió a [un registro de Wayback Machine](https://www.waybackmachine.org/) recuperado por Monthly Review.
- <sup>88</sup> Walker M, Head MJ, Berkelhammer M, Björck S, Cheng H, Cwynar L, Fisher D, Gkinis V, Long A, Lowe J, Newnham R, Rasmussen SO, Weiss H. (2018). Formal ratification of the subdivision of the Holocene Series/Epoch (Quaternary System/Period): two new GSSP and three new stages/subseries. Episodes 41. P213-223. <https://doi.org/10.18814/epiiugs/2018/018016>
- <sup>89</sup> Middleton, Guy D. (2018). Bang or whimper? The Evidence for Collapse of Human Civilizations at the Start of the Recently Defined Meghalayan Age Is Equivocal. Science, 21 Sep 2018, Vol 361, Issue 6408. PP1204-1205. [DOI: 10.1126/science.aau8834](https://doi.org/10.1126/science.aau8834)
- <sup>90</sup> Foster, J. B. y Clark, B. (2021). [The Capitalinian: The First Geological Age of the Anthropocene](https://doi.org/10.1017/9781017017000). Monthly Review, Volume 73, Number 4 (September 2021).
- <sup>91</sup> Malm, Andreas (2016). [Fossil Capital: The Rise of Steam Power and the Roots of Global Warming](https://doi.org/10.1017/9781107305533). London: Verso, 2016 (391 pp).
- <sup>92</sup> Malm, Andreas (2017). [L' Anthropocène contre l'histoire: Le réchauffement climatique à l'ère du capital](https://doi.org/10.1017/9781107305533). La fabrique éditions. (250 pp).
- <sup>93</sup> Haraway, Donna (2016). Staying with the Trouble: Anthropocene, Capitalocene, Chthulucene. En [Anthropocene or Capitalocene: Nature, History and the Crisis of Capitalism](https://doi.org/10.1017/9781107305533), ed. Jason W. Moore (Oakland, CA: PM Press, 2016). P34–76.
- <sup>94</sup> Moore, J. W. (2017). The Capitalocene, Part I: on the nature and origins of our ecological crisis, The Journal of Peasant Studies. [http://dx.doi.org/10.1080/03066150.2016.1235036](https://doi.org/10.1080/03066150.2016.1235036)
- <sup>95</sup> Moore, J. W. (2017): The Capitalocene Part II: accumulation by appropriation and the centrality of unpaid work/energy, The Journal of Peasant Studies. [DOI:10.1080/03066150.2016.1272587](https://doi.org/10.1080/03066150.2016.1272587)
- <sup>96</sup> Foster, J. B. y Clark, B. (2021).
- <sup>97</sup> Haraway, Donna (2015). Anthropocene, Capitalocene, Plantationocene, Chthulucene: Making Kin. Environmental Humanities 6, no. 1 (2015): 159–65. [doi:10.1215/22011919-3615934](https://doi.org/10.1215/22011919-3615934).
- <sup>98</sup> Angus, Ian (2017). The Most Dangerous Environmentalist Concept? En [A Redder Shade of Green: Intersections of Science and Socialism](https://doi.org/10.1017/9781107305533). Monthly Review Press. June 2017 (204 pp).
- <sup>99</sup> Angus, Ian (2016).
- <sup>100</sup> Haraway, Donna (2016).
- <sup>101</sup> Los testimonios de John Bellamy Foster fueron recogidos de una entrevista electrónica realizada el 05 de marzo de 2022.

- 
- <sup>102</sup> Polanyi, Karl (1944). The Hundred Years' Peace. En [The Great Transformation: the political and economic origins of our time](#). Beacon Press. Boston, Massachusetts. P3.
- <sup>103</sup> Steffen W, Broadgate W, Deutsch L, Gaffney O, Ludwig C. (2015). P82.
- <sup>104</sup> Costanza, R., L.J. Graumlich, and W. Steffen (2006). Lessons from Integrating the History of Humans and the Rest of Nature. En [Sustainability or Collapse? An Integrated History and Future of People on Earth](#). Cambridge, Massachusetts: MIT Press. P9-10.
- <sup>105</sup> Steffen W, Broadgate W, Deutsch L, Gaffney O, Ludwig C. (2015). P81
- <sup>106</sup> Jan Zalasiewicz, Colin N. Waters, Colin P. Summerhayes, Alexander P. Wolfe, Anthony D. Barnosky, Alejandro Cearreta, Paul Crutzen, Erle Ellis, Ian J. Fairchild, Agnieszka Gałuszka, Peter Haff, Irka Hajdas, Martin J. Head, Juliana A. Ivar do Sul, Catherine Jeandel, Reinhold Leinfelder, John R. McNeill, Cath Neal, Eric Odada, Naomi Oreskes, Will Steffen, James Syvitski, Davor Vidas, Michael Wagemann, Mark Williams (2017). The Working Group on the Anthropocene: Summary of evidence and interim recommendations, Anthropocene, Volume 19, 2017. P55-60. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2017.09.001>.
- <sup>107</sup> Nielsen RW. (2021). The Great Deceleration and proposed alternative interpretation of the Anthropocene. Episodes. <https://doi.org/10.18814/epiiugs/2020/020076>
- <sup>108</sup> Head MJ, Steffen W, Fagerlind D, Waters CN, Poirier C, Syvitski J, Zalasiewicz JA, Barnosky AD, Cearreta A, Jeandel C, Leinfelder R, McNeill J, Rose NL, Summerhayes C, Wagemann M, Zinke J. (2021). The Great Acceleration is real and provides a quantitative basis for the proposed Anthropocene Series/Epoch. Episodes. <https://doi.org/10.18814/epiiugs/2021/021031>
- <sup>109</sup> Zalasiewicz, J., Waters, C.N., Williams, M. et al. (2015). When did the Anthropocene begin? A mid-twentieth century boundary level is stratigraphically optimal. Quaternary International, Volume 383. P196-203. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.11.045>.
- <sup>110</sup> Waters CN, Syvitski JPM, Gałuszka A, et al. Can nuclear weapons fallout mark the beginning of the Anthropocene Epoch? Bulletin of the Atomic Scientists. 71(3). P46-57. [doi:10.1177/0096340215581357](https://doi.org/10.1177/0096340215581357)
- <sup>111</sup> Zalasiewicz, J., Waters, C. N., Ellis, E. C., Head, M. J., Vidas, D., Steffen, W., et al. (2021). P5.



Roberto Andrés es periodista ambiental independiente, especializado en crisis climática y Antropoceno. Nació en Santiago de Chile en 1982. Fue becario de Climate Tracker y editor de Ecología y ambiente de [La Izquierda Diario](#) entre 2016 y 2021. Diplomado en periodismo ambiental en TEA, también ha colaborado con medios como [Perfil.com](#), [elDiarioAr](#) y [Jacobin Lat](#).

Contacto: robertoandresrd@gmail.com.

Si quieres apoyar esta línea de investigación o colaborar económicamente con el autor, puedes hacerlo con donaciones a través de la plataforma Cafecito. <https://cafecito.app/robertoandres>

