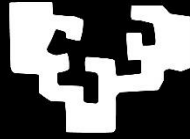


eman ta zabal zazu



Universidad  
del País Vasco

Euskal Herriko  
Unibertsitatea

EL ANTROPOCENO COMO CONCEPTO CIENTÍFICO  
UN ENFOQUE INTEGRATIVO DE SU HISTORIA Y AXIOLOGÍA



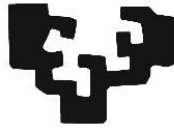
2022

TESIS DOCTORAL

José Luis Granados Mateo

(c) 2022 José Luis Granados Mateo

eman ta zabal zazu



Universidad  
del País Vasco

Euskal Herriko  
Unibertsitatea

# **EL ANTROPOCENO COMO CONCEPTO CIENTÍFICO UN ENFOQUE INTEGRATIVO DE SU HISTORIA Y AXIOLOGÍA**

TESIS DOCTORAL

2022

Autor: José Luis Granados Mateo

Directores: Prof. Dr. Jaume Navarro Vives

Prof. Dr. Javier Echeverría Ezponda



*Like funerals, history-writing is for the living*

Hasok Chang



Desierto de Nevada, Estados Unidos, 1957. Fuente: The Getty Research Institute.



## ABSTRACT

The Anthropocene is a polyvocal term referring to a wide range of concepts, some of which remain under construction. This dissertation does not refer to the usual meaning of the word, as adopted by the academic circles of social sciences and humanities, but rather focuses on its original signification within natural sciences, namely: (i) as a change of state in the Earth System and (ii) as a potentially new Geological Time Unit. In contrast to the ideal of value-free objectivity implied by the dominant scientific discourse, the aim of this research is to comprehend how both conceptions are underpinned by a multitude of values, both explicitly and subtly.

A central theme of the text is an examination of the *Anthropocene Working Group* (AWG), which, as of 2009, has been responsible for gathering empirical evidence in support of an eventual formalization of the Anthropocene in the International Chronostratigraphic Chart. First, it is shown that the conformation of the group was explicitly guided by “utility”, a common epistemic value in the stratigraphic community. In this case, however, it has since been transmuted into a social, ecological and legal value. This axiological shift is discernible after revealing the sociohistorical linkage between the group and the recently constituted *Earth System Science* (ESS), wherein the term was first conceptualized and popularized from 2000 onwards. Understanding the underlying axiology of the Anthropocene, therefore, requires a reconstruction of its intellectual history. Second, alternative to the internalist, teleological and positivist historiography prevailing in scientific literature, it is demonstrated how the Anthropocene was an instance conditioned by the historical context of the second half of the 20th century, where the dangers of global change, modern ecologism, the internationalization of science, space exploration and advancements in computational technologies gave rise to a new object of study and intervention: the Earth System.

The history of the Anthropocene conceptualization is then contrasted with a historical alternative derived from the 19th century. In 1873, the Italian geologist Antonio Stoppani first conceived of a geological era he denominated as “Anthropozoic”—this proposal subsequently being forgotten in the mid-twentieth century. The comparative reconsideration of his work reveals the implicit role of contextual values in both scientific formulations, entailing a set of background assumptions which need to be foreseen and taken into account. The entire process carried out in this dissertation can thus be understood through the framework I have formulated herein of “Historical Axiology”: an integrative approach between philosophy and history of science, where the former provides the abstract vehicle of the historical narrative, while the latter allows for a situated reflection on the values present in our contemporary concerns.



## AGRADECIMIENTOS

Elaborar una tesis doctoral a menudo constituye una tarea compleja, cuyo resultado es siempre un objeto imperfecto. La mía no ha sido una excepción: la presente monografía, como se verá, tan solo supone un primer intento por contribuir de forma mínimamente original a uno de los debates científicos de nuestro tiempo. Cometeríamos un error, eso sí, si redujésemos el valor de esta experiencia a una mera colección de disposiciones intelectuales, datos, teorías o argumentos desarrollados de forma más o menos cabal. De hecho, en una rápida estimación de lo aprendido en este periodo, dudo que lo explicitado en este escrito suponga más de un 5% del acervo total adquirido. Los conocimientos, aptitudes y actitudes que he cultivado en estos años de formación trascienden con mucho a una colección de capítulos. Y en todo este proceso han existido personas sin las cuales, sencillamente, su curso no hubiera conocido ni principio, ni fin.

Quiero agradecer en primer lugar el apoyo, paciencia y generosidad de mis dos directores, Jaime Navarro y Javier Echeverría. Más allá de las variadas perspectivas y consideraciones intelectuales que uno —como historiador— y otro —como filósofo— me han enseñado, creo que ante todo he aprendido de sus respectivos ejemplos, primero como personas y segundo como investigadores. La extensa contribución de Javier al pensamiento filosófico de la ciencia y la tecnología ha constituido el mapa fundamental gracias al cual este ingeniero pudo orientarse y abrirse camino en las discusiones académicas contemporáneas. Su visión perspicaz, desapegada, curiosa, diplomática y objetiva de las cosas han sido una inspiración transformadora para mí. Por su parte, Jaime me demostró que la calidez, el espíritu de servicio y el altruismo genuino no son solamente compatibles con la excelencia intelectual, sino que la potencian y la dotan de un iluminador sentido humano.

En segundo lugar, me gustaría dar las gracias a Alejandro Cearreta, Astrid Kaltenbach, Pablo Melogno, Lidia Montesinos, Jorge Enrique Linares, Davor Vidas y Colin Waters, cuyas aportaciones han sido valiosos a la hora de evaluar y mejorar mi investigación. Quiero agradecer también a Javier Lezaun, quien me invitó amablemente a realizar una estancia en la Universidad de Oxford, y donde en poco tiempo aprendí cosas que supusieron un importante punto de inflexión en la comprensión de mi labor. Allí debo especial gratitud a Jerry Ravetz, que a sus 90 años me dedicó mucho tiempo y atención. Y a Sara de Wit, cuyos consejos me han hecho mejorar significativamente. Todo ello no hubiera sido posible sin la financiación, por cierto, de la Fundación Banco Sabadell y del Departamento de Medio Ambiente y Obras Hidráulicas de la Diputación Foral de Gipuzkoa. Asimismo, quisiera dar las gracias a mis compañeros de la Universidad de Deusto, especialmente a Javier Arellano, Izaskun Sáez de la Fuente, Xabier Riezu y Galo Bilbao, quienes me acogieron para ejercer como profesor antes de finalizar la presente tesis.

En el plano personal, son muchas las personas que me han apoyado y que cabrían mencionar aquí: Dani, Gen, Heini, Víctor, Sanju, Yassine... en cada a momento y de distinta manera, me han aportado vivencias que han mejorado tácitamente mi trabajo. Entre ellos quiero destacar a Andoni, Gorka y Shayla, quienes me acompañan desde hace muchos años para lo que sea y cuando sea, incluso para leer/escuchar con interés y perplejidad cada uno de los puntos de mi tesis. Y por último, lo más importante: el mayor de los agradecimientos se lo debo a mis padres. Este trabajo está dedicado a ellos, gracias a quienes estas líneas pueden estar escritas. A todos ellos/as, mi más sincero agradecimiento.





## ÍNDICE

ABSTRACT.....	5
AGRADECIMIENTOS .....	7
ÍNDICE .....	9
GLOSARIO DE ABREVIATURAS .....	13
INTRODUCCIÓN .....	17
0.1. Justificación de la investigación: sobre el concepto “Antropoceno” .....	17
0.2. Axiología Histórica: primera aproximación e hipótesis de partida .....	20
0.3. Objetivos de investigación, estructura del trabajo y uso de fuentes bibliográficas .....	22
CAPÍTULO I. Axiología de la ciencia: herramientas y consideraciones para el estudio del Antropoceno.....	27
I.1. Introducción.....	27
I.2. El giro historicista y la crisis de racionalidad en filosofía de la ciencia .....	29
I.3. El ideal de la ciencia libre de valores y el giro axiológico en filosofía de la ciencia.....	34
I.3.1. Valores epistémicos e historicidad de los valores.....	36
I.3.2. Valores contextuales y etapas del desarrollo científico .....	40
I.4. Las propuestas de Echeverría: aportaciones y discusiones .....	44
I.4.1. Sobre la noción de “valor” .....	44
I.4.2. Sistemismo y pluralismo axiológico .....	48
I.4.3. La tesis de la tecnociencia: ¿una historiografía valiosa? .....	51
I.4.4. Naturalización de la axiología e historia de la ciencia.....	55
I.5. El problema de las relaciones entre axiología e historia de la ciencia .....	58
I.6. Recapitulación .....	64
CAPÍTULO II. Historiografías del Antropoceno: de la Epistemología Histórica a la Axiología Histórica.....	69
II.1. Introducción.....	69
II.2. Las actuales narrativas teleológicas e internalistas del Antropoceno .....	70
II.3. Inspiraciones historiográficas en el ámbito continental del siglo XX .....	78
II.3.1. La orientación presentista de Gaston Bachelard.....	80
II.3.2. Georges Canguilhem y el objeto de la historia de las ciencias .....	82
II.3.3. La teoría comparativa de Ludwik Fleck .....	85
II.4. La Epistemología Histórica como categoría contemporánea .....	88
II.4.1. Lorraine Daston: historia de los valores y economías morales de la ciencia.....	90

II.4.2. Críticas a la Epistemología Histórica como orden categorial.....	96
II.5. Caracterización historiográfica de la Axiología Histórica.....	100
II.5.1. Matrices colectivas y la dimensión social de los valores.....	101
II.5.2. Del presentismo positivista al presentismo crítico .....	104
II.6. Recapitulación .....	107
CAPÍTULO III. El discurso explícito del <i>Anthropocene Working Group</i> .....	113
III.1. Introducción .....	113
III.2. Fase previa a la investigación y axiología explícita en la constitución del proyecto de formalización .....	114
III.2.1. Popularización del término y conformación del grupo de trabajo .....	115
III.2.2. La “utilidad” como valor explícito en la elección del problema de investigación .....	120
III.3. Fase de recopilación de evidencias: métodos, propuestas y valores .....	129
III.3.1. El rol de los valores epistémicos en la elección del límite estratigráfico .....	129
III.3.2. El rol de los valores no epistémicos en los procesos de votación .....	138
III.4. Rasgos distintivos: transmutación e incorporación de nuevos valores .....	140
III.4.1. La “interdisciplinaridad” como valor.....	140
III.4.2. La “futurabilidad” como valor .....	143
III.4.3. La “utilidad” como transvalor .....	146
III.5. Recapitulación.....	150
CAPÍTULO IV. El Antropoceno en su contexto: historia y valores de la <i>Earth System Science</i> .....	155
IV.1. Introducción.....	155
IV.2. Antecedentes históricos a la comprensión sistémica de la Tierra .....	156
IV.2.1. El Año Geofísico Internacional [1957-1958].....	157
IV.2.2. Emergencia del ecologismo moderno [1958-1972] .....	164
IV.2.3. El Club de Roma y los límites de crecimiento mundial [1968-1972].....	166
IV.2.4. Exploración espacial y las imágenes globales de la Tierra [1966-1972] .....	170
IV.2.5. La hipótesis de Gaia [1972-1979].....	175
IV.2.6. La concienciación del cambio climático antropogénico [1963-1985] .....	176
IV.2.6. La crisis del “agujero” en la capa de ozono [1985-1989] .....	181
IV.3. El Programa IGBP y la constitución del Sistema Tierra como objeto epistémico.....	183
IV.3.1. Fase de constitución: la orientación pragmática de los programas del Cambio Global [1983-2000].....	184

IV.3.2. Fase de legitimación: formulación del Antropoceno y conformación de la <i>Earth System Science Partnership</i> [2000-2010] .....	191
III.5. Recapitulación .....	196
CAPÍTULO V. Estudio comparativo e implicaciones axiológicas en la formalización del Antropoceno.....	201
V.1. Introducción .....	201
V.2. Axiología comparada: Antropozoico y Antropoceno como alternativas históricas .....	202
V.2.1. El <i>Corso di Geologia</i> de Antonio Stoppani [1871-1873].....	203
V.2.2. El Antropozoico: de “precursor” a unidad estratigráfica alternativa.....	211
V.3. El rol implícito de los valores de la <i>Earth System Science</i> en las deliberaciones del <i>Anthropocene Working Group</i> .....	216
V.4. Previsión y prevaloración de implicaciones en la decisión final de formalización.....	219
V.4.1. El programa Future Earth y la opción de la geoingeniería .....	220
V.4.2. El “anthropos” y la responsabilidad del cambio geológico .....	226
V.5. Recapitulación.....	231
GENERAL CONCLUSIONS .....	235
ANEXO I. The “Anthropocene”, by Paul J. Crutzen and Eugene F. Stoermer [2000].....	245
ANEXO II. Tabla Cronoestratigráfica Internacional [2022].....	246
ANEXO III. Gráficos de la Gran Aceleración del siglo XX [2015] .....	247
ANEXO IV. Fragmento original de <i>Corso di Geologia</i> [1873].....	248
BIBLIOGRAFÍA.....	251



## GLOSARIO DE ABREVIATURAS

AIMES	Análisis, Integración y Modelización del Sistema Tierra [ <i>Analysis, Integration and Modelling of the Earth System</i> ]
AWG	Grupo de Trabajo sobre el Antropoceno [ <i>Anthropocene Working Group</i> ]
BAS	Prospección Antártica Británica [ <i>British Antarctic Survey</i> ]
CBD	Convenio sobre la Diversidad Biológica [ <i>Convention on Biological Diversity</i> ]
DDT	Diclorodifeniltricloroetano [ <i>Dichlorodiphenyltrichloroethane</i> ]
DIVERSITAS	Programa Internacional de Investigación sobre la Biodiversidad [ <i>International Biodiversity Research Programme</i> ]
EOS	Sistema de Observación de la Tierra [ <i>Earth Observing System</i> ]
EPOR	Programa Empírico del Relativismo [ <i>Empirical Programme of Relativism</i> ]
ESS	Ciencia del Sistema Tierra [ <i>Earth System Science</i> ]
ESSP	Asociación de la Ciencia del Sistema Tierra [ <i>Earth System Science Partnership</i> ]
GARP	Programa de Investigación Atmosférica Global [ <i>Global Atmospheric Research Program</i> ]
GSSA	Edad Estratigráfica Global Estándar [ <i>Global Standard Stratigraphic Ages</i> ]
GSSP	Sección Estratotipo y Punto de Límite Global [ <i>Global Boundary Stratotype Sections</i> ]
HPS	Historia y Filosofía de la Ciencia [ <i>History and Philosophy of Science</i> ]
IBP	Programa Biológico Internacional [ <i>International Biological Programme</i> ]

ICC	Tabla Cronoestratigráfica Internacional [ <i>International Chronostratigraphic Chart</i> ]
ICS	Comisión Internacional de Estratigrafía [ <i>International Commission of Stratigraphy</i> ]
ICSU	Consejo Internacional para la Ciencia [ <i>International Council for Science</i> ]
IGBP	Programa Internacional Geosfera-Biosfera [ <i>International Geosphere-Biosphere Programme</i> ]
IGFA	Grupo Internacional de Agencias de Financiación para la Investigación del Cambio Global [ <i>International Group of Funding Agencies for Global Change Research</i> ]
IGY	Año Geofísico Internacional [ <i>International Geophysical Year</i> ]
IHDP	Programa Internacional de Dimensiones Humanas [ <i>International Human Dimensions Programme</i> ]
IHOPE	Historia y Futuro Integrados de las Personas en la Tierra [ <i>Integrated History and Future of People on Earth</i> ]
iHPS	Historia y Filosofía de la Ciencia Integrada [ <i>Integrated History and Philosophy of Science</i> ]
IHST	Instituto de Historia de las Ciencias y de las Técnicas [ <i>Institut d'histoire des sciences et des techniques</i> ]
IPCC	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático [ <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> ]
IUGS	Unión Internacional de Ciencias Geológicas [ <i>International Union of Geological Sciences</i> ]
MPIWG	Instituto Max Planck para la Historia de la Ciencia [ <i>Max Planck Institute for History of Science</i> ] [ <i>Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte</i> ]
NASA	Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio [ <i>National Aeronautics and Space Administration</i> ]
OECD	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [ <i>Organisation for Economic Cooperation and Development</i> ]

PAGES	Cambios Globales del Pasado [ <i>Past Global Changes</i> ]
SQS	Subcomisión de Estratigrafía del Cuaternario [ <i>Subcommission on Quaternary Stratigraphy</i> ]
STS	Estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad [ <i>Science and Technology Studies</i> ]
TOMS	Espectrómetro de Mapeo de Ozono Total [ <i>Total Ozone Mapping Spectrometer</i> ]
UNFCCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático [ <i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i> ]
WCRP	Programa Mundial de Investigaciones Climáticas [ <i>The World Climate Research Programme</i> ]
WCP	Programa Mundial sobre el Clima [ <i>World Climate Programme</i> ]
WMO	Organización Meteorológica Mundial [ <i>World Meteorological Organization</i> ]





# INTRODUCCIÓN

## 0.1. Justificación de la investigación: sobre el concepto “Antropoceno”

El Antropoceno es un término polívoco que designa una serie de conceptos, muchos de ellos aún en construcción. Habría que hablar en todo caso de “Antropocenos”, en plural, si se quiere abordar la cuestión con un mínimo de precisión. Desde hace aproximadamente 15 años, el término se ha expandido vertiginosamente a lo largo y ancho del imaginario social occidental. El año 2008 fue un momento clave, cuando aparecieron artículos en medios de comunicación como *The Washington Post*, *Scientific American*, *The Guardian*, *Daily Mail* o *New Scientist* (Trischler 2017). Los titulares parecían anunciar un hecho científico inaudito: la comunidad científica estaba considerando designar una nueva época geológica caracterizada por el impacto humano en el planeta. En virtud de la ineludible relevancia social que tal instancia científica estimulaba, la expresión se convirtió desde entonces en un icono del *zeitgeist*, un símbolo cultural de la concienciación medioambiental contemporánea. Ha aparecido en podcasts, videos de YouTube, en galerías de arte, en *hashtags* de Twitter y en numerosos títulos de revistas, documentales, libros y artículos periodísticos.

El término ha proporcionado una heurística positiva en debates culturales de amplio espectro, sin duda, pero también ha supuesto todo un *leitmotiv* entre círculos intelectuales de ciencias sociales y humanidades (Latour 2014, Haraway 2015, Moore 2017). Una de las semánticas habituales en este ámbito académico —a menudo acogida entre defensores del posthumanismo— refiere a un cambio en la relación del ser humano con el planeta, a una “naturaleza” transformada por el *anthropos*, y cuyas implicaciones requieren desdibujar las fronteras entre lo natural y lo cultural. Cuando en los títulos de una publicación figura “...en el Antropoceno”, a veces la expresión quiere decir “en un mundo de complejos entrelazamientos entre lo natural y lo humano”, otras “en nuestra época moderna, dominada por los humanos” o “en un mundo alejado de la estabilidad del Holoceno”, terminando incluso por referirse a un general “a lo largo de la historia de la humanidad” (Malhi 2017, p. 82). Fenómenos como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad o la explotación de recursos naturales, quedan todos ellos aunados y conectados bajo un vocablo que encapsula un multifacético abanico de impactos humanos en el mundo natural. El Antropoceno es, en este sentido, una etiqueta instrumental para reflexionar desde lo más íntimo y personal hasta lo planetario, desde el *tiempo profundo* hasta el futuro de la humanidad en la Tierra.

Pues bien: el presente trabajo no tiene por objeto ninguno de los sentidos recién citados. Aquí me referiré al Antropoceno como *concepto científico*<sup>1</sup>, entendido éste en su significación original en

---

<sup>1</sup> Helmuth Trischler (2017) ha distinguido el Antropoceno como concepto cultural, por una parte, y como concepto científico, por otra. En la primera variante alude a la habitual semántica dotada al término en medios de comunicación, exposiciones en museos —él mismo se implicó en una famosa exhibición del *Deutsches Museum* sobre el Antropoceno—, revistas populares, etc. También incluye en esta acepción las lecturas posthumanistas o el debate crítico más general suscitado en filosofía, ciencias políticas, sociología, pedagogía, antropología o historia. Como concepto científico, él se refiere al significado específico que se le dio originalmente en ciencias naturales, primero en la comunidad *Earth System Science* (ESS) y posteriormente en el *Anthropocene Working Group* (AWG). Como toda distinción analítica, esta dicotomía descrita por Trischler puede ser cuestionada, en tanto que —a mi modo de ver— un concepto científico es siempre un concepto cultural, sin excepción. El trabajo que aquí da comienzo, de hecho, muestra que la

ciencias naturales. Su primera enunciación tuvo lugar en el año 2000 en boca del premio Nobel de química Paul J. Crutzen (Crutzen & Stoermer 2000, ANEXO I). El científico neerlandés estaba atendiendo una ponencia en el trascurso de un congreso interdisciplinar cuando, escuchando constantes alusiones al Holoceno, improvisadamente exclamó: “No, estamos en el Antropoceno” (Pearce 2007, p. 21). Lo que entonces pareció un recurso terminológico inocente, tras una serie de publicaciones la expresión comenzó a encapsular una idea disruptiva: la humanidad se había convertido en el principal agente de cambio en el “Sistema Tierra” (Steffen et al. 2007, 2011, 2020). Este último apelativo es, de hecho, significativo para comprender la semántica original del Antropoceno. Y es que Crutzen fue uno de los líderes en la conformación de la denominada *Earth System Science* (ESS), una nueva ciencia interdisciplinar que experimentó legitimidad mientras el término, paralelamente, se popularizaba en diversas comunidades científicas durante la primera década del siglo XXI. La consolidación de la ESS como paradigma de investigación trajo consigo varias novedades, entre ellas la concepción científica de la Tierra como un único sistema global, complejo y autorregulado, compuesto por subsistemas que diferentes ciencias venían estudiando por separado: la biosfera, la geosfera, la atmósfera y la hidrosfera.

Podría esperarse que un término como “Antropoceno” —léxicamente similar a otras unidades geológicas, como el “Pleistoceno” o el “Holoceno”— fuera sugerido por la comunidad estratigráfica, que es la que tradicionalmente se encarga de dividir la escala temporal geológica<sup>2</sup>. En este caso no fue así. El Antropoceno comenzó a concebirse como una época *stricto sensu* en el año 2008, cuando un grupo de geólogos consideró que el concepto promovido y popularizado por la ESS tenía mérito suficiente como para estudiar su formalización en términos estrictamente estratigráficos (Zalasiewicz et al. 2008). Fue así como al año siguiente se conformó el *Antropocene Working Group* (AWG), un equipo multidisciplinar que desde entonces se esfuerza en recopilar las evidencias empíricas pertinentes que avalarían una eventual formalización del Antropoceno como época geológica oficial. Por lo tanto, como concepto científico, el Antropoceno puede concebirse desde al menos dos perspectivas diferentes: (i) como un cambio de estado en el Sistema Tierra y (ii) como una potencial unidad cronoestratigráfica de tiempo geológico. Aunque en el presente trabajo me centraré ante todo en la segunda acepción, ambas vertientes están estrechamente vinculadas entre sí. Esta es la razón por la cual aquí se estudiarán ambas concepciones dentro de un mismo discurso, aunque respondan a dos paradigmas científicos distinguibles<sup>3</sup>.

Dadas las implicaciones sociales y políticas que parecen subyacer a su labor, la investigación desarrollada por el AWG ha sido objeto de numerosas críticas, tanto en el seno de la comunidad geológica (Austin & Holbrook 2012, Rudimann 2013, Finney & Edwards 2016) como desde otras disciplinas académicas (Baskin 2015, Haraway 2015, Santana 2019). En un principio puede

---

elucidación científica del Antropoceno es en sí misma producto de una cultura muy particular, sin perjuicio de aceptar la existencia de elementos necesarios, o no contingentes, en el contenido epistémico del concepto. En cualquier caso, la diferenciación entre ideas aporta claridad analítica en aras de acotar el problema de mi investigación. De ahí que me refiera al Antropoceno como concepto científico.

<sup>2</sup> La *Estratigrafía*, como se precisará más adelante, es una rama de la geología que principalmente basa su labor en “los cambios faunísticos observables en el registro fósil y que han podido ser datados con cierta precisión por métodos radiométricos” (Weller 1960, p. 12). Es la subdisciplina que se encarga de definir y formalizar las distintas unidades de tiempo geológico dentro de la *Tabla Cronoestratigráfica Internacional* (ICC) (ANEXO II).

<sup>3</sup> El uso del término “paradigma” en este trabajo no está necesariamente vinculado a la noción empleada por Thomas Kuhn (2012 [1962]), ni tampoco a sus posteriores puntualizaciones y equiparaciones con el concepto de “matriz disciplinar”. Aquí entenderé “paradigma” en un sentido amplio, refiriéndome a una particular concepción del mundo, la cual incluye una variedad de supuestos ontológicos, epistemológicos y axiológicos.

resultar arduo efectuar un examen crítico de un acontecimiento que, en este sentido, ya ha sido ampliamente discutido en el transcurso de la última década. Aquí contribuiré con una perspectiva diferente, sin embargo, inspirada en dos aspectos escasamente investigados hasta el momento. El primero de ellos concierne a la historia intelectual del Antropoceno, una labor aún restringida a una sola modalidad historiográfica. La historia profesional de la ciencia ha prestado atención a este concepto novedoso, en efecto, pero concebido mayoritariamente como un estandarte destinado a rebautizar una variedad de trabajos marcadamente heterogéneos<sup>4</sup>. Apenas se ha abordado la historicidad de la formulación científica del Antropoceno, es decir, como un objeto histórico en sí mismo<sup>5</sup>. Y mientras tanto, la literatura predominante al respecto es la historiografía derivada del propio colectivo involucrado en su conceptualización, tanto desde la perspectiva sistémica como estratigráfica (Steffen et al. 2011, Grinevald et al. 2019). A estos escritos a menudo les subyace un afán autojustificativo de la noción que responde a una visión positivista y teleológica de la historia. Una de sus manifestaciones es la identificación de antecedentes históricos como el “Antropozoico”, era geológica propuesta por Antonio Stoppani en 1873, como “precursores” de la conceptualización actual (Hamilton 2016).

En segundo lugar, la eventual decisión de formalizar el Antropoceno como unidad de tiempo geológico comporta multitud de aspectos de potencial interés para la filosofía de la ciencia, siendo uno de ellos la cuestión de los valores<sup>6</sup>. De momento, el 21 de Mayo de 2019 el AWG votó a favor de considerar el Antropoceno como una época iniciada a mediados del siglo XX, límite que quedaría avalado por los marcadores correspondientes a los radionucleidos esparcidos por el planeta tras las pruebas de bombas nucleares de principios de la década de 1950. Todo ello tendría que ser evaluado, aprobado y ratificado por la *Comisión Internacional de Estratigrafía* (ICS) y la *Unión Internacional de Ciencias Geológicas* (IUGS). Su éxito como propuesta no está garantizado, pero podría consolidar un cambio de paradigma en ciencias de la Tierra. De ahí que convenga tratar la cuestión desde un punto de vista específicamente axiológico, tarea que aquí se inicia. Sólo algunos autores como Inkpen y DesRoches (2019) han apuntado brevemente que “la ciencia del Antropoceno implicará cada vez más debates que vinculan lo normativo y lo científico, donde las cuestiones de cómo y qué debemos estudiar implican cuestiones de valor” (p.1), pero refiriéndose a los mecanismos de colaboración que las humanidades, las ciencias sociales y las

---

<sup>4</sup> El Departamento I del *Max Planck Institute for History of Science* (MPIWG) ha sido uno de los centros que ha liderado la vinculación de la historia de la ciencia con la noción del Antropoceno. En cooperación con centros culturales como el *Haus der Kulturen der Welt* de Berlín, durante la década 2010-2020 el departamento amparó varios proyectos enmarcados bajo el título del Antropoceno. Sin embargo, prácticamente la totalidad del trabajo ha empleado el término como un concepto replanteador de diversas investigaciones históricas. Un ejemplo de ello queda representado en el libro *The Evolution of Knowledge: Rethinking Science for the Anthropocene*, publicado al final de la década por el director del departamento, Jürgen Renn (2020). Otro tanto cabría decir del monográfico “Animal agents? Historiography, theory and the history of science in the Anthropocene” (Rees 2017), o el artículo “Global history of science as a knowledge resource for the Anthropocene” (Schemmel 2020). En todos ellos se emplea el Antropoceno como un concepto que replantea el estudio histórico de la ciencia en aspectos dispares, no como un concepto científico a indagar en sí mismo desde una perspectiva histórica.

<sup>5</sup> Sólo recientemente han aparecido las primeras referencias al respecto por parte de historiadores no vinculados directamente con el proyecto del AWG. En junio de 2021 se publicó una entrada en la Enciclopedia de Historia de la Ciencia de la Universidad Carnegie Mellon (Selcer 2021). Por otra parte, Clive Hamilton (2016) subrayó varios aspectos de la historiografía intelectual del Antropoceno, que serán retomados en el apartado II.2, aunque desarrolló una investigación histórica al respecto.

<sup>6</sup> Si bien el término ha suscitado numerosas aportaciones desde la filosofía política, económica, cultural, etc. —incluyendo variantes terminológicas, como el “Chthuluceno” (Haraway 2015) o el “Capitaloceno” (Moore 2017)—, desde la filosofía de la ciencia las contribuciones han sido notablemente escasas. En el subapartado III.4.2 destacaré, a este respecto, la aportación de Carlos Santana (2019).

ciencias naturales deberían seguir dentro de un presupuesto marco interdisciplinar amparado por el Antropoceno, no en su previa conceptualización científica.

Este trabajo incide, por el contrario, en la dimensión estimativa que subyace en la decisión de adoptarlo como época formal. La razón es simple: conviene compensar los efectos del ideal *value-free* presente entre los miembros del AWG, especialmente cuando afirman que una cosa es la racionalidad aplicada al estudiar “la potencial utilidad para la ciencia” de la formalización y otra cosa es la consideración de “la relevancia social más amplia en la concienciación política” (Vidas et al. 2019, p. 39), cosa que no implicaría que el Antropoceno “no pueda ser tratado de forma objetiva” (Zalasiewicz et al. 2017, p. 221). Por mi parte, pienso que ambas cuestiones son distinguibles, pero no separables, como se argumentará a lo largo de los siguientes capítulos. Esto se hará aportando, a su vez, una historiografía intelectual alternativa a la esgrimida en su discurso.

## 0.2. Axiología Histórica: primera aproximación e hipótesis de partida

La tarea postulada en clave histórica y axiológica requiere, por otra parte, indagar en el tipo de marco operativo susceptible de ser ejecutado para llevar a cabo dicha investigación. Una posibilidad podría consistir en realizar un análisis de los valores basado en una perspectiva preestablecida dentro de la axiología de la ciencia —como campo de estudio subsumido en la filosofía de la ciencia<sup>7</sup>— y, por otra parte, elaborar una historiografía intelectual del Antropoceno que difiera del anacronismo latente en el discurso científico. Esta opción implicaría aceptar una separación de funciones entre la filosofía de la ciencia, por un lado, y la historia de la ciencia, por otro. Este posicionamiento fue defendido en mayor o menor medida por autores como Norwood Russell Hanson (1962), Ronald Giere (1973), Bernard Cohen (1979) y Thomas Kuhn (1982 [1977]), por ejemplo, dentro del marco de discusiones de la segunda mitad del siglo XX. Lo cierto es que, a medida que la historia profesional de la ciencia dejaba de prestar atención a la evolución teórica de la ciencia para pasar a abordar cuestiones sociales, culturales, materiales o políticas de la práctica científica (Iliffe 2008, Miller 2011, Daston 2017), a muchos autores les resultaba cada vez más difícil encontrar elementos de interés filosófico en sus estudios focalizados en contextos concretos. Y los historiadores, por su lado, veían cada vez más irrelevante la reflexión filosófica para sus indagaciones. Los saberes históricos y filosóficos, por tanto, debían mantenerse separados.

El trabajo desarrollado aquí, sin embargo, parte de la hipótesis de que *sí* es posible integrar la dimensión filosófica e histórica en un mismo proyecto intelectual. Si bien es conocida la defensa

---

<sup>7</sup> Así como la metodología y la epistemología han sido desde el principio ramas predominantes en la filosofía de la ciencia, la axiología ha jugado un papel explícito más tardíamente. Pero esto no es exclusivo de la filosofía de la ciencia. La axiología, como rama de la filosofía orientada al estudio de los valores y los juicios valorativos, es una acuñación más reciente y, desde luego, menos desarrollada que la epistemología o la ontología. La reflexión filosófica que involucra a los valores parte desde los inicios mismos de la historia de la filosofía, aunque la referencia explícita a ellos puede remontarse a John Locke y David Hume (Echeverría 1998, pp. 68-75). Desde entonces, el estudio de los valores ha estado presente en diversas reflexiones económicas, morales o estéticas a través de autores como Friedrich Nietzsche, Jeremy Bentham o Adam Smith. No obstante, el movimiento axiológico como tal encontró su impulso a principios del siglo XX a través de diversos filósofos que trataron de caracterizar la noción general de valor, no sólo de tipos particulares. Entre ellos figuran las aportaciones de Rudolf Lotze, Heinrich Rickert, Max Scheler, John Dewey, Robert S. Hartman, Eduard von Hartmann o Nicolai Hartmann (véase Rescher 2014). Con “axiología de la ciencia”, aquí me referiré a las aportaciones específicas dentro de la filosofía de la ciencia —especialmente de corte analítico—, a veces englobadas en la categoría “Science and Values”.

de un “matrimonio íntimo” entre ambas disciplinas por parte de Ernan McMullin (1976) o Richard Burian (1977) en el siglo pasado, aquí se aludirá al espectro de contribuciones enmarcadas en la denominada *Integrated History and Philosophy of Science* (IHPS), que entrados en el siglo XXI ofrece un ámbito fecundo de experimentación integrativa (Domski & Dickson 2010, Chang 2011, Schickore 2011, Stadler 2017, Herring et al. 2019). En todas estas iniciativas trasluce la convicción de que la ciencia puede comprenderse dualmente, donde el estudio filosófico e histórico puede avanzar de forma simultánea e interdependiente. Cabe señalar, eso sí, que la mayoría de estas investigaciones se centran en aspectos metodológicos y epistemológicos de la ciencia, ya sea en clave práctica o teórica, apenas sin atender la cuestión de los valores de forma específica. Por mi parte, aquí partiré de una segunda hipótesis: la epistemología y metodología de la ciencia son perspectivas importantes, pero caben distinguirlas de la axiología de la ciencia, sin perjuicio de aceptar sus íntimas interrelaciones.

Esta última matización está en buena medida inspirada en la filosofía de los valores de Javier Echeverría (1998, 2002, 2003), quien más recientemente ha abogado por una *naturalización de la axiología e historia de la ciencia* (2018). En esta tentativa, el filósofo español explora las relaciones entre la filosofía y la historia de la ciencia desde una óptica estimativa, defendiendo una axiología analítica vinculada a una historia empírica de los criterios de evaluación científica. Podría parecer conveniente, en un principio, aplicar dicho enfoque al estudio de la historicidad axiológica del Antropoceno. Sin embargo, su concepción presupone (i) que el análisis axiológico ha de acotarse a los procesos evaluativos internos en la actividad científica, (ii) que necesariamente han de emplearse “métodos científicos” para ello y (iii) que se requiere una separación disciplinaria entre ambas modalidades de conocimiento, esperando un ensamblaje *a posteriori* a través del cual la filosofía pueda tomar hechos históricos “dados” y realizar sus análisis con independencia de la labor historiográfica inherente.

Los enfoques naturalizadores, típicos de la cultura académica de influencia anglosajona, en su mayoría propiciaron un marco de relaciones entre historia y filosofía de la ciencia de tipo “teoría-evidencia”, donde la filosofía utiliza “casos históricos” para formular teorías generales de la ciencia (Pitt 2001, Schickore 2011). Esto también es palpable en la *tesis de la tecnociencia* de Echeverría (2003), como se verá, cuya posible aplicación en la comprensión histórica del Antropoceno conllevaría asimilar una teoría filosófica preestablecida —circunstancia que obstaculizaría la comprensión de una historia demasiado compleja como para, ciertamente, encorsetarla en preconcepciones tan generalistas. En este sentido, Hasok Chang (2011) ha propuesto un modelo integrativo alternativo poco explorado y que parece poder solventar este problema. Se trata de un tipo de relación donde la historia investiga casuísticas particulares del pasado que demandan un entendimiento abstracto y donde la filosofía, por su parte, esclarece los marcos conceptuales que devienen coherentes con lo que sugiere la concreción histórica. Todo ello sin pretender establecer teorías universales de la ciencia, puesto que las nociones empleadas quedan abiertas a la remodelación sucesiva en función de los requerimientos interpretativos de cada episodio histórico examinado.

Si bien Chang ha planteado este modelo circular en base a su estudio de la revolución química del siglo XVIII, donde recurrió a criterios axiológicos de elección de teorías postulados por Kuhn (1982 [1977]), aún queda trabajo por hacer en esta dirección. Es cierto que, enmarcadas bajo el rótulo de la “Epistemología Histórica” (Rheinberger 2010, Feest & Sturm 2011), algunas historiadoras con inclinaciones filosóficas se han aproximado a la dimensión estimativa de la ciencia, como es el caso de Lorraine Daston con sus “economías morales de la ciencia” (1995). No obstante, la categoría donde se inscriben estas investigaciones, habitualmente asociadas al



*Max Planck Institute for History of Science* (MPWIG), ha suscitado una polémica acerca de si la Epistemología Histórica supone realmente un marco intelectual coherente o si, más bien, se trata de una etiqueta de marketing académico (Gingras 2010, Chimisso 2014). Algunos aluden a su desconexión con la *Épistémologie Historique* original, que por otra parte parece suponer una forma de integración entre filosofía e historia *ab initio*, diferente a los formatos tradicionalmente convenidos en el mundo anglosajón (Vagelli 2019).

Todo lo mencionado, en definitiva, suscita la pertinencia de explorar un enfoque integrativo circular entre la axiología de la ciencia y la historia de la ciencia, cuya hibridación sea útil para indagar en los valores presentes en la conceptualización del Antropoceno. Asumiendo que a dicho propósito subyacen asimismo valores, pienso que esta tarea debe focalizarse en el *discurso científico* como unidad de análisis —incluyendo aspectos contextuales tácitos que no están explícitamente expresados en los procesos evaluativos a los que alude Echeverría—, con una predisposición crítica, pragmática, ecléctica y orientada a la mejora consciente del presente. Esto es lo que denominaré “Axiología Histórica”<sup>8</sup>.

### 0.3. Objetivos de investigación, estructura del trabajo y uso de fuentes bibliográficas

¿Qué entiendo por el “discurso científico” del AWG? En lo que a este trabajo refiere, entenderé éste como el sistema de construcciones comunicativas que sus miembros vienen produciendo en forma de artículos científicos, informes de investigación, entrevistas concedidas, correspondencia publicada, libros de texto, artículos de divulgación y libros compilatorios de evidencias científicas. Dentro de este discurso, caben diferenciarse dos dimensiones de particular interés para la tesis defendida, ambas vinculadas entre sí: (i) un componente historiográfico, donde se traza una historia intelectual del Antropoceno a modo de contextualización y justificación de su propuesta, y (ii) el conjunto de resultados obtenidos, argumentaciones y deliberaciones que se han ido llevando a cabo en todo el proceso de conceptualización e investigación empírica. Como contrapunto a varias de sus declaraciones, el *objetivo general* [O.G.] de esta disertación es comprender que dicho discurso está cargado de una pluralidad de valores, tanto de forma explícita como implícita.

Para cumplir con esta finalidad, este trabajo ha distinguido un objetivo instrumental y una serie de objetivos específicos, los cuales han requerido estudiar el contexto de emergencia de la ESS y una serie de circunstancias históricas directamente relacionadas con el proyecto de formalización del Antropoceno. El *objetivo instrumental* [O.I.] consiste en proponer un orden conceptual útil para la consecución del objetivo general, experimentando la aplicación del enfoque integrativo recién sugerido —la “Axiología Histórica”—, que aúna en un mismo proyecto la indagación en axiología e historia de la ciencia. Este propósito ha requerido el cumplimiento de dos objetivos específicos: justificar su pertinencia en base a (i) los problemas planteados en la literatura a la hora de aplicar una teoría filosófica predefinida al estudio histórico de la ciencia [O.E.1] y (ii) la falta de una arquitectura conceptual fecunda en la historiografía axiológica de la ciencia [O.E.2].

---

<sup>8</sup> De ahora en adelante, se distinguirá la “Axiología Histórica” —con ambas iniciales en mayúscula— de la “axiología histórica” —en minúsculas. Con la primera me referiré al proyecto que integra la reflexión filosófica de los valores con la investigación histórica en las condiciones que se van desarrollando a lo largo de los primeros dos capítulos. La segunda vertiente es una expresión intuitiva con la que simplemente se aludirá al carácter histórico de la dimensión estimativa.

El tercer objetivo específico [O.E.3] es identificar cuáles son los principales valores que se derivan del discurso explícito del AWG, así como de sus manifestaciones en diferentes fases de investigación, desde la decisión de conformar el grupo de trabajo hasta la elección de un límite stratigráfico que fije formalmente el comienzo del Antropoceno. Para comprender la axiología implícita en el AWG, se han requerido de otros dos objetivos específicos: (i) comprender el contexto histórico-axiológico que ha impregnado la conceptualización del Antropoceno por parte de la ESS [O.E.4], y (ii) contrastar dicho contexto con el de otra proposición emergida en la historia, en este caso referida al “Antropozoico” sugerido por Antonio Stoppani en 1873 [O.E.5]. El sexto y último objetivo específico consiste en dar cuenta de algunas de las implicaciones axiológicas desprendidas de la interrelación sociohistórica del discurso AWG con los valores de la ESS [O.E.6].

Tanto los seis objetivos específicos como el objetivo instrumental conducen finalmente a la comprensión de que, efectivamente, la conceptualización científica del Antropoceno está cargada de múltiples y variados valores. La desembocadura en esta tesis general, en cambio, no ha resultado de seguir una metodología lineal de investigación, sea ésta de tipo analítico-deductiva o sintético-inductiva. Dada la circularidad integrativa planteada para la Axiología Histórica, donde la indagación histórica se retroalimenta con la reflexión filosófica de los valores, se ha seguido un procedimiento iterativo. En otras palabras: la elucidación analítico-conceptual en axiología se ha inspirado en los requerimientos ocasionados por la investigación histórica, y ésta, a su vez, se ha guiado por las derivaciones en la filosofía sintetizada de los valores. Esta es una de las manifestaciones del tipo de hibridación circular experimentada entre historia y axiología de la ciencia, cuyo ulterior desarrollo seguiría una curva en espiral —siendo su primera envolvente esta monografía<sup>9</sup>.

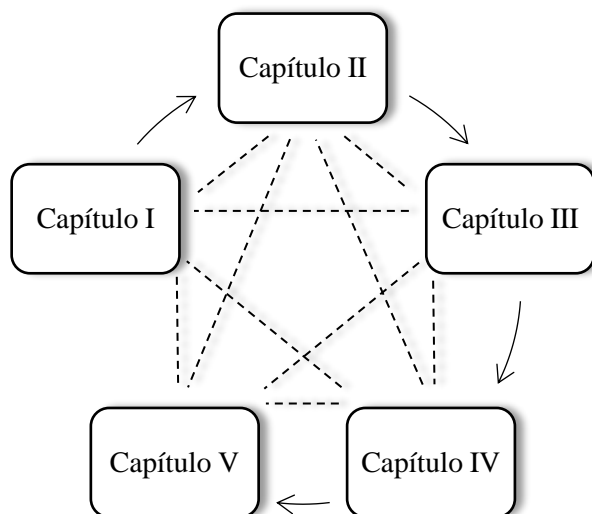


Diagrama 1. Estructura circular y en red de los capítulos

<sup>9</sup> El esclarecimiento de esta metáfora geométrica, si bien deviene sumamente interesante, no será objeto de análisis en este trabajo. Se asumirá el sentido coloquial de “circular” que emplea Chang (2011). Geométricamente, sin embargo, esta cuestión plantearía cuestiones filosóficas de primer orden para la Axiología Histórica. En primera instancia, puede suponerse que el desarrollo de este enfoque se asemejaría a la trayectoria descrita por un punto que recorre una espiral bidimensional. Pero cabría plantearse si una hélice cilíndrica, cónica o esférica se adecúan mejor, metafóricamente hablando. Todo ello replantearía el concepto de “circularidad” empleado.



Si bien la investigación ha seguido una metodología de “prueba y error”, la estructura narrativa presentada aquí sigue un orden secuencial, pudiéndose leer ordenadamente del primer al último capítulo. Cada uno de ellos posee su propia introducción y recapitulación, recogiendo en éstas últimas un resumen completo del capítulo para aquellos lectores que deseen limitarse a conocer los aspectos nucleares del trabajo —quienes lean los capítulos en su completitud, por el contrario, pueden saltarse las recapitulaciones sin temor a perder el hilo conductor. Los apartados de cada capítulo, por otra parte, responden a una textura expositiva interconectada. Pueden asemejarse a nodos multienlazados entre sí dentro de una red, de modo que se encontrarán conexiones entre ellos conformando un todo coherente. Se trata de un *hipertexto*, dicho en otras palabras, cuyos enlaces asociativos permiten al lector, o lectora, a navegar por la narrativa de forma no secuencial, si así lo desea.

El **Capítulo I** está dedicado a discutir y seleccionar las aportaciones dentro del marco de la filosofía de la ciencia que son útiles para comprender la dimensión axiológica e histórica del discurso en torno al Antropoceno científico, argumentando asimismo por qué varios de sus proyectos historicistas no son compatibles con el tipo de integración entre axiología e historia de la ciencia que se está desplegando [O.E.1, O.I.]. Un punto de arranque en esta labor han sido las aportaciones analíticas de Echeverría (1998, 2002, 2003, 2018), a través de quien accedí en primera instancia a las contribuciones de Thomas Kuhn (1982 [1977]), Hilary Putnam (2004, 2008 [1981]) o Larry Laudan (1984). El propósito de esta tesis ha requerido el estudio de sus originales, además de descartar, para este trabajo, algunos aspectos de las contribuciones de Echeverría. Sus perspectivas se complementarán con las aportaciones de Heather Douglas (2000, 2009) o Helen Longino (1990), entre otras. El enfoque integrativo propuesto está en buena parte inspirado en Hasok Chang (2011, 2021), como se ha mencionado.

El **Capítulo II** está dedicado a analizar la historiografía predominante acerca del Antropoceno, defendiendo la necesidad de elaborar una historia intelectual alternativa y caracterizando la orientación historiográfica de la Axiología Histórica [O.E.2, O.I.]. El material analizado está compuesto principalmente por varias publicaciones de la ESS y el AWG, así como las obras de Gaston Bachelard (2006 [1927]), George Canguilhem (2005 [1968]) y Ludwik Fleck (1986 [1935]). Mi crítica a la historiografía teleológica del Antropoceno está en deuda con Clive Hamilton (2016), quien subrayó el peligro de tratar a los antecedentes del concepto como “precursores”. Y las dos referencias clave para comprender la “Epistemología Histórica”, como categoría contemporánea, han sido el libro *On Historicizing Epistemology* de Hans-Jörg Rheinberger (2010) y el número de la revista *Erkenntnis* editado por Uljana Feest y Thomas Sturm (2010).

Una vez detalladas las herramientas conceptuales de interés y el marco operativo del enfoque integrativo propuesto, el **Capítulo III** comienza a aplicarlo analizando empíricamente los valores en el discurso explícito del AWG, poniendo de relieve algunos de sus rasgos axiológicos novedosos [O.E.3]. Esta labor ha requerido la indagación en los boletines y comunicaciones internas del AWG entre los años 2009-2020, publicados en la página web de la *Subcomisión de Estratigrafía del Cuaternario* (SQS). También ha sido objeto de análisis la *Guía Internacional de Estratigrafía* (Salvador 1994) y la *Guía y Estatutos de la Comisión Internacional de Estratigrafía* (Cowie et al. 1986, Remane et al. 1996). El trabajo se ha visto asimismo beneficiado por la encuesta realizada a los miembros del AWG por Lundershausen (2018) y, en mayor medida, por la correspondencia que he intercambiado con el Dr. Alejandro Cearreta, miembro del grupo de trabajo.

El **Capítulo IV** versa sobre el contexto histórico-axiológico que permeó la conceptualización científica del Antropoceno, para lo cual es indispensable comprender el origen de la *Earth System Science* (ESS) y el *Programa Internacional de Geosfera-Biosfera* (IGBP) [O.E.4]. Los artículos publicados al respecto por Seitzinger et al. (2015) y Steffen et al. (2020), científicos participantes en sus desarrollos, han supuesto una referencia inicial para conocer sus trayectorias cronológicas. Sin embargo, la reconstrucción histórica se ha fundamentado en una combinación de fuentes primarias y contribuciones de diversos historiadores especializados en cada episodio histórico. Algunas de las fuentes primarias trabajadas han sido el número especial la revista “El Correo de la Unesco” de 1957, el libro *Silent Spring* de Rachel Carson (2022 [1962]), el informe *Limits to Growth* (Meadows et al. 1972), el discurso de los astronautas del Apolo 11 expresado en el documental “Earthrise: The Story of the Photo that Changed the World” (National Geographic 2018), el informe de *Conservation Foundation* de 1963, el libro *Gaia: A New Look at Life on Earth* de James Lovelock (2000 [1979]), el informe “Earth System Science Overview: A Programme for Global Change” (NASA Advisory Council 1986), varios boletines del programa IGBP entre 1986 y 2000, y la Declaración de Ámsterdam de 2001 (Steffen et al. 2002).

Finalmente, el **Capítulo V** se centra en contrastar el contexto de conceptualización del Antropoceno con el Antropozoico propuesto por Antonio Stoppani en 1873, así como en considerar algunas de las implicaciones axiológicas que conllevaría la formalización del primero [O.E.5, O.E.6]. La investigación se ha fundamentado, en primer lugar, en el análisis del segundo volumen del *Corso di Geologia* de Stoppani y la reciente interpretación del geólogo Valentí Rull (2021). La proposición del Antropozoico como alternativa histórica debe mucho a la perspectiva estratigráfica aportada por este autor. En el resto del capítulo se retoman las últimas declaraciones del AWG en relación con la controversia suscitada por su investigación, ligándolas a la narrativa actual del Antropoceno en el programa *Future Earth* (2014) y las críticas terminológicas suscitadas entre autores como Baskin (2015) y Moore (2017), que a su vez se relacionan con el contexto histórico-axiológico esbozado en el anterior capítulo.



# CAPÍTULO I. Axiología de la ciencia: herramientas y consideraciones para el estudio del Antropoceno

## I.1. Introducción

La Axiología Histórica desplegada en esta tesis parte de un tipo específico de integración entre historia y filosofía de la ciencia. Este no fue frecuente encontrarlo en el mundo académico anglosajón del siglo XX, aunque ello no obsta para que muchas de las aportaciones realizadas en dicho contexto sean de sumo interés para el enfoque teórico propuesto. En este capítulo, de hecho, mostraré algunas de esas contribuciones en el área de la filosofía historicista de la ciencia y, particularmente, en los trabajos de axiología de la ciencia —a veces englobados también bajo el rótulo “Science and Values”— mientras que el acercamiento inverso al estudio de los valores por parte de los historiadores de la ciencia será ahondado en el [Capítulo II](#). Ese es, por tanto, uno de los dos objetivos que aquí se plantean: trazar las principales líneas y estados de discusión en el estudio filosófico de los valores de la ciencia, así como algunas de sus apreciaciones conceptuales que resultan útiles para el análisis axiológico del Antropoceno como unidad geológica formal. El segundo objetivo, por otro lado, es mostrar cómo a algunas de dichas aportaciones subyacen asunciones problemáticas en torno al tipo de relación concebida con la historia de la ciencia y, por tanto, resulte necesario esbozar una axiología que integre la historia de forma alternativa.

A fin de satisfacer ambas finalidades, es indispensable recurrir a la trayectoria y estado previo de la filosofía de la ciencia que, como disciplina separada de la historia de la ciencia, ha experimentado en el contexto angloparlante<sup>10</sup>. En general, es sabido que los historiadores de la ciencia —cuya institucionalización académica se materializó a comienzos del siglo XX— comenzaron su labor a través de la descripción intelectualista y progresiva de la ciencia. Y que con el tiempo fueron enriqueciendo sus enfoques, sobre todo al considerar la ciencia como una actividad cultural embebida en un contexto social más amplio, no centrándose exclusivamente en sus logros intelectuales ([Miller 2011](#), [Daston 2017](#)). También es conocido, por su parte, que la filosofía de la ciencia estuvo dominada desde el siglo XIX por el pensamiento ahistórico, especialmente en la academia analítica anglosajona influenciada por el Círculo de Viena ([Creath 2020](#)). En este marco de comprensiones, la pregunta “¿Es racional aceptar oficialmente el Antropoceno como época geológica?” es una cuestión que podría abordarse, ciertamente, desde ángulos muy distintos de no ser por el desarrollo que tanto la filosofía como la historia de la ciencia han experimentado desde mediados del siglo XX.

Durante muchos años, la clásica distinción entre “contexto de descubrimiento” y “contexto de justificación” realizada por Reichenbach ([2021 \[1938\]](#), pp. 6-7) relegó a la sociología y a la historia fuera del ámbito de interés filosófico, estando este último acotado a los resultados teóricos finales. Para el *empirismo lógico* que propugnaron muchos filósofos, la formalización del Antropoceno se centraría —presuntamente— en cuestiones normativas relacionadas con la naturaleza del conocimiento estratigráfico, en sintonía con las epistemologías empiristas de Mach

---

<sup>10</sup> El concepto de “disciplina académica” es de por sí problemático (véase [Echeverría 2011](#)). Aquí bastará entender una disciplina como una forma de organización jerárquica del conocimiento adscrita a un conjunto de instituciones académicas particulares. En lo que sigue, me referiré a la “filosofía de la ciencia” e “historia de la ciencia” como disciplinas particulares dentro del contexto anglosajón y su radio de influencia en otras culturas académicas, incluida la hispanohablante.

y el primer Wittgenstein o la idea de Comte acerca de una “ciencia unificada”, y siempre aceptando *a priori* ciertos supuestos acerca de qué es la geología y cómo ésta genera conocimiento. Es probable, por tanto, que un estudio filosófico sobre la racionalidad o la objetividad científica en la conceptualización del Antropoceno se viera muy diferente bajo el prisma de asunciones de la filosofía empirista de la primera mitad del siglo XX. También resultaría inaudito, puesto que su foco de interés estuvo centrado en las ciencias predominantes del momento, como la física, dejando de lado ciencias “menores”, como la geología. Por esa razón es importante resaltar cómo el panorama en filosofía de la ciencia fue evolucionando paulatinamente, especialmente tras la obra de Kuhn y el *giro historicista* producido desde finales de los años 50. En el primer apartado (I.2) se argumentará, por consiguiente, la importancia de atender el desarrollo histórico de la ciencia para comprender una decisión como la formalización de una unidad de tiempo geológico.

Entre los muchos dogmas del positivismo que se derrumbaron, aquí interesa prestar atención a uno de ellos: la dicotomía entre hechos y valores. Para los positivistas, los enunciados fácticos debían entenderse con independencia cualquier juicio de valor y, conforme a este ideal (Proctor 1991), fue necesario separar el “ser” de la ciencia del “valer”. La cuestión de los valores presentes en la formulación del Antropoceno, por ejemplo, sólo podría ser considerada dentro del contexto de descubrimiento, pero no en el de justificación<sup>11</sup>. De ahí la necesidad de detenerse en el *giro axiológico* producido a partir de la década de los 70 (I.3), a través del cual la escisión entre hechos y valores se puso en cuestión con autores como Thomas Kuhn (2012 [1962], 1979), Larry Laudan (1984), Hilary Putnam (2004, 2008 [1981]) o Ernan McMullin (1988). Algunas de sus perspectivas serán útiles para establecer unas bases conceptuales mínimas a la hora de estudiar los valores presentes en la conceptualización científica del Antropoceno, particularmente aquellas que consideran la historia como pieza clave para su discernimiento. Gracias a sus aportaciones, hoy se asume plenamente que la práctica científica está indudablemente cargada de múltiples y variados valores. Algunos sólo argumentaron a favor de la existencia de *valores epistémicos* — como la “simplicidad”, la “fecundidad” o la “precisión”— inspirándose en la inequívoca indeterminación que subyace a la práctica de relacionar teoría y evidencia. Sin embargo, con el tiempo se ha defendido más profusamente que los valores epistémicos no pueden demarcarse frente a otros tipos de valores, siendo insuficientes por sí solos para comprender la elección de una teoría —o unidad formal, como aquí concierne—, en tanto que también dependen de *valores contextuales*. Las filósofas feministas de la ciencia, como el caso de Helen Longino (1990) y Phyllis Rooney (1992), son particularmente relevantes para dar cuenta de ello, a las que también hay que añadir autores como Richard Rudner (1954) y Kevin Elliott (2017).

Como se ha adelantado en la introducción de esta disertación, un punto de arranque importante en el desarrollo de mi propuesta lo constituye el trabajo de Javier Echeverría (2002, 2003, 2018) en axiología de la ciencia, que a su vez se inspira en buena parte de los autores del giro axiológico ocasionado en el contexto académico anglosajón (I.4). A partir de él, proporcionaré una noción de “valor” y de su obra resaltaré, en particular, dos apreciaciones que serán útiles para comprender la dimensión estimativa que subyace al Antropoceno: el *pluralismo axiológico* y la aplicación de la teoría de sistemas al estudio de los valores. Dichas nociones devienen fecundas para encuadrar muchas de las discusiones del panorama actual en “ciencia y valores”, donde el ideal de la ciencia

---

<sup>11</sup> Aquí hay que aclarar que la noción de “contexto de descubrimiento” puede resultar un tanto disonante, puesto que se trata más de una formalización que de un “descubrimiento” científico. En ambos casos, no obstante, se da un proceso de examinación y valoración de evidencias empíricas. El “contexto de justificación” de los procesos internos a dicho proceso se tratan a continuación, mientras que en el próximo capítulo abordará su contexto social, político, cultural, etc.

*value-free* está ampliamente superado y la discusión ha pasado a centrarse en derivaciones más específicas. Heather Douglas (2016) y Kevin Elliott (2017), por ejemplo, ponen atención en las distintas formas en que los valores pueden vincularse e influirse entre sí, cuándo pueden considerarse legítimas dichas influencias y cómo, en base a ello, puede caracterizarse la responsabilidad en ciencia e innovación. Por mi parte, además de prescindir de pretensiones normativistas, daré cuenta de que la distinción utilizada entre el “rol directo” y el “rol indirecto” de los valores en las diferentes fases de la actividad científica es explicable coherentemente bajo los términos de una concepción pluralista y sistémica de los valores.

De las aportaciones de Echeverría, sin embargo, hay al menos dos elementos que merecen ponerse en cuestión. Una de ellas es la *tesis de la tecnociencia* (2003), con la cual se postula una teoría general de la actividad científica y tecnológica fundamentada en clave axiológica y en sus convergencias históricas durante la segunda mitad del siglo XX. Por otra parte, Echeverría ha abogado más recientemente por una *naturalización de la axiología y la historia de ciencia* (2018), lo cual implicaría el uso de “métodos científicos” a la hora de estudiar los valores presentes en los procesos evaluativos de la actividad histórica de ciencia. Este tipo de proyectos, como ya se ha mencionado en la introducción general de este trabajo, tratan de integrar la axiología con la historia bajo un paradigma de separación disciplinaria de funciones, cosa que por mi parte pretendo evitar. Este es el último punto tratado en este capítulo (1.5), desembocando en los problemas de relacionar filosofía e historia de la ciencia a través de un formato “teoría-evidencia”, donde la filosofía solamente teoriza y la historia solamente describe y aporta evidencias. Mi contribución se enmarca así en un paradigma integrador, donde la axiología articula coherentemente el vehículo abstracto de la narrativa histórica y, recíprocamente, la historia de lo particular inspira la comprensión filosófica de los valores. Este primer capítulo, por consiguiente, no tratará de preestablecer una teoría general de los valores de la ciencia, sino de dilucidar las bases conceptuales mínimas que sirven para estudiar la axiología del Antropoceno geológico sin comprometer en una dirección u otra la genuina investigación histórica<sup>12</sup>.

## 1.2. El giro historicista y la crisis de racionalidad en filosofía de la ciencia

Para comprender la decisión científica de formalizar el Antropoceno es indispensable recurrir a la historia. La racionalidad científica de los geólogos, entendida como ejercicio correcto de la razón para obtener conocimiento, podría entenderse de forma muy distinta desde una óptica positivista o popperiana, que relegaron el estudio histórico de la ciencia fuera de la empresa filosófica. A lo sumo, el interés por la historia entre los filósofos de la ciencia de buena parte del siglo XX se reduciría a la cronología intelectual de las teorías estratigráficas, sólo para reconstruirlas y analizarlas<sup>13</sup>. Es difícil decir cuándo el empirismo lógico dejó de ser un movimiento lo suficientemente significativo como para ser identificable, pero varios autores afirman que comenzó a perder buena parte de su influencia tras el *giro historicista* ocasionado a partir de la década de los 60 (Echeverría 1989, Creath 2020). Y es que los filósofos historicistas hicieron un trabajo convincente al mostrar históricamente lo que hoy son ideas ampliamente

---

<sup>12</sup> Dada la naturaleza iniciática del proyecto, en este capítulo no se profundiza en cuestiones fundamentales en filosofía de los valores, ni tampoco en la filosofía historicista de la ciencia, por lo que el estudio se limitará a discutir y subrayar algunas de las perspectivas más destacables que serán de utilidad específica para el análisis empírico del discurso del AWG y la historiografía desarrollada en el resto de los capítulos.

<sup>13</sup> Un ejemplo son los *holones teóricos* del programa estructuralista, que son concebidos como elementos relacionados mediante vínculos interteóricos (véase Balzer et al. 2012 [1987]).

compartidas entre filósofos de la ciencia: que la racionalidad y la objetividad en la toma de decisiones científicas dista mucho de las visiones teleológicas y positivistas del conocimiento científico<sup>14</sup>.

Con la nueva historiografía de la ciencia del siglo XX y autores como Alexandre Koyré, Gaston Bachelard o Ludwik Fleck se empezó a profundizar en la forma de razonar en diferentes momentos históricos, pretendiendo así de entender el tipo de pensamientos, investigaciones y discusiones llevadas a cabo en su propio contexto, y no por remisión a la ciencia del presente. Con esta influencia, en la filosofía anglosajona de la ciencia un momento decisivo se dio con la publicación de *La estructura de las revoluciones científicas* de Thomas Kuhn, cuyo párrafo inicial mostró ya la envergadura del proyecto:

“Si se considera a la historia como algo más que un depósito de anécdotas o cronología puede producir una transformación decisiva de la imagen que tenemos actualmente de la ciencia. Esa imagen fue trazada previamente, incluso por los mismos científicos, sobre todo a partir del estudio de los logros científicos llevados a cabo, que se encuentran en las lecturas clásicas y, más recientemente, en los libros de texto con los que cada una de las nuevas generaciones de científicos aprende a practicar su profesión. Sin embargo, es inevitable que la finalidad de esos libros sea persuasiva y pedagógica; un concepto de la ciencia que se obtenga de ellos no tendrá más probabilidades de ajustarse al ideal que los produjo, que la imagen que pueda obtenerse de una cultura nacional mediante un folleto turístico o un texto para el aprendizaje del idioma. En este ensayo tratamos de mostrar que hemos sido mal conducidos por ellos en aspectos fundamentales. Su finalidad es trazar un bosquejo del concepto absolutamente diferente de la ciencia que puede surgir de los registros históricos de la actividad de investigación misma” (2012 [1962], p. 1).

Esta consideración de la historia de la ciencia, en contraposición a las historiografías teleológicas predominantes en el momento, llevó a Kuhn a introducir conceptos como “paradigma”, “comunidad científica”, “ciencia normal”, “anomalías”, “crisis” o “revoluciones científicas”, que ante todo subrayaron la relevancia del estudio de la historia como paso previo y necesario a cualquier concepción filosófica de la ciencia. Estas y otras nociones se convertirían paulatinamente en lugares comunes dentro y fuera de los colectivos de historiadores y filósofos de la ciencia<sup>15</sup>.

---

<sup>14</sup> Antes de la irrupción del empirismo lógico, sin embargo, en el siglo XIX ya hubo algunos intentos de integrar el registro histórico en la elaboración de filosofías de la ciencia, como fue el caso de William Whewell, Ernst Mach y Pierre Duhem. Incluso Francis Bacon, al igual que más tarde Condorcet y Comte, remarcaron la conveniencia de ahondar en el origen y asimilación de los conceptos científicos más elementales. No obstante, en estos casos la historia de la ciencia ante todo estuvo orientada a ilustrar proposiciones filosóficas universales de la ciencia, como ocurrió con Duhem, Whewell, Mach o Boutroux, por lo que las síntesis de la investigación histórica solían presentar una serie de exigüidades, muchas veces limitándose a una simple formulación programática (Echeverría 1989, p. 119).

<sup>15</sup> El giro provocado por Kuhn no fue repentino, dada la fuerte presencia de positivistas y popperianos en los departamentos de filosofía de la ciencia. Como muestra Echeverría (1989), hay que tener en cuenta que en 1963 —un año después de la publicación del libro de Kuhn— Karl Popper publicó *Conjeturas y refutaciones*, una obra en metodología de la ciencia que implicó el apogeo de las ideas popperianas. En este sentido, hubo una célebre discusión entre Kuhn y Popper llevada a cabo en 1965 en el Coloquio Internacional sobre Filosofía de la Ciencia, en Londres. Al principio fue poco conocida entre el público general, pero en 1970 fue difundida por Lakatos y Musgrave en *La crítica y el desarrollo del conocimiento*.



En general, el impacto de Kuhn en la filosofía de la ciencia vino impulsado con una nueva generación de autores historicistas, entre los que destacaron autores como Mary Hesse, N.R. Hanson, Stephen Toulmin, Ian Hacking, Michael Ruse, Dudley Shapere, Larry Laudan, Imre Lakatos, Ernan McMullin o Paul Feyerabend. Todos ellos convergieron en una crítica contundente contra los relatos positivistas y popperianos preeminentes, dando espacio a múltiples consideraciones históricas que hasta el momento habían pasado inadvertidas entre la filosofía de la ciencia. De hecho, su impacto fue tan determinante que durante las siguientes dos décadas la mayoría de los teóricos de la ciencia llegaron a estar de acuerdo en que la *concepción heredada*, asumida por la filosofía del Círculo de Viena, era incompatible con la “incommensurabilidad” de las teorías científicas vistas en clave histórica<sup>16</sup>.

El historicismo planteó, por tanto, grandes dilemas en las concepciones filosóficas de la ciencia a tener en cuenta también para el caso del Antropoceno, dado que permiten considerar la objetividad y racionalidad de su formalización como cuestiones influidas por un contexto histórico en particular. Mostraré este dilema extrapolando al caso del Antropoceno las dos vías por las que, según Nickles (2021), presuntamente optarían los filósofos historicistas:

- (i) Aceptar que no hay una racionalidad científica fija, tampoco en la práctica geológica

Algunos filósofos se decantarían, probablemente, por aceptar abiertamente que la actividad del *Anthropocene Working Group* (AWG) es básicamente irracional. Un caso conocido sería Paul Feyerabend, quien abrazó explícitamente el relativismo y no dudó en decirle *adiós a la razón* (1987), abogando así por un *anarquismo epistemológico* (2010 [1975]). Para Feyerabend, posiblemente no tendría sentido considerar un método científico aplicable a la estratigrafía o un paradigma dentro del cual pudieran considerarse estándares de racionalidad a la hora de formalizar una unidad geológica. Lo que sí tendría sentido sería hablar de “buenas razones” para iniciar una investigación como la del AWG, el cual desarrollaría un “estilo de racionalidad” imbuido en un contexto histórico muy particular. Feyerabend se convertiría en uno de los encargados de resaltar los fuertes elementos contingentes del trabajo estratigráfico: no sólo en el contexto de descubrimiento, sino también en el de justificación, además de señalar dicha contingencia en la propia metodología científica. No aportaría una “teoría” de la racionalidad científica, sino una “anti-teoría” historicista, por así decirlo.

Otros filósofos historicistas intentarían subsanar este tipo de interpretaciones alegando que la historia de la estratigrafía se aproxima ciertamente a la visión tradicional de la racionalidad científica, pero si entendiéramos sus modelos abstractos como ideales regulativos. Un ejemplo lo constituirían los *programas de investigación científica* de Imre Lakatos (1978), quien trató de

---

La concordancia en las ideas básicas entre Kuhn y Lakatos, además de la revisión de la obra de Kuhn realizada en 1973 por Stegmüller —que aproximaron sus contribuciones a las de la concepción estructural—, implicó la asentación final de la obra kuhniana dentro de los círculos de filosofía de la ciencia —sin perjuicio de que ya estuviera siendo discutida en otros ámbitos.

<sup>16</sup> La noción de “incommensurabilidad” alude básicamente a la imposibilidad de comparar dos teorías cuando no hay un lenguaje común. Fue introducida en conjunto con Paul Feyerabend y desafió la visión tradicionalista de la ciencia, pero también supuso problemas para los propios historicistas. Bajo la presión de la crítica, Kuhn trató de suavizar su posición y, de hecho, buscó redefinir la noción de incommensurabilidad hasta el final de su vida (véase Kuhn 2000, Bird 2022).



mejorar las tesis falsacionistas de Popper a la luz de la consideración histórica<sup>17</sup>. Otro tanto ocurriría con las *tradiciones de investigación* de Larry Laudan (1978), quien revalorizó la racionalidad y el progreso científico entendiendo que el conocimiento evoluciona con la coexistencia permanente de teorías rivales<sup>18</sup>. Tanto si concibiéramos el AWG como un programa de investigación como si lo comprendiéramos dentro de una tradición de investigación, en ambos casos se aceptaría que no hay una única racionalidad fija en la historia de la geología. Pero a diferencia del “todo vale” de Feyerabend, se alejarían del relativismo y defenderían una teoría continuista de la racionalidad y el progreso a pesar de posibles cambios teóricos radicales.

- (ii) Aceptar que la ciencia es racional en términos generales y utilizar el análisis histórico para revisar la concepción lógica y probabilística ligada a la racionalidad

A diferencia de Laudan y Lakatos, otros autores del giro historicista no pretendieron elaborar una teoría de la racionalidad bajo la consideración histórica. Fue el caso del propio Kuhn, quien prefirió tomar la racionalidad como un elemento prácticamente axiomático del quehacer científico<sup>19</sup>. Para los positivistas y popperianos, la racionalidad científica del Antropoceno sería una cuestión de toma de decisiones correctas a la hora de aceptar la propuesta de formalización dentro del contexto de justificación. Las hipótesis y datos de partida utilizados en el proceso serían tomados como neutrales, ajenos a cualquier subjetivismo. Otro tanto ocurriría con los estándares y objetivos de investigación del AWG, que siempre se considerarían independientes a la teoría. Para historicistas como Kuhn, en cambio, la separación del contexto de justificación del mundo externo no tendría sentido. Esto quizás le costaría innumerables críticas que le tacharían de irracionalista y subjetivista, pero posiblemente Kuhn nunca sostendría que el hecho de que la geología esté influida por los intereses de los científicos hiciera que sus resultados no fueran ni racionales ni objetivos. Tampoco que fueran irracionales o subjetivos. Lo que mostraría es que la

---

<sup>17</sup> Lakatos aceptó buena parte de las ideas de Kuhn, como la presencia de anomalías en las teorías científicas y la relevancia de la dimensión histórica para la epistemología. Él diferenció el “centro firme” de una teoría —que no era empíricamente falsable— de su “cinturón protector”, además de distinguir entre la historia externa e interna de las teorías (Lakatos 1971). Por una parte, la historia externa daría cuenta de los aspectos culturales, sociales, políticos, psicológicos, etc., que tendrían su impacto en las elaboraciones teóricas de la ciencia. Por otra parte, la historia interna hace referencia a la reconstrucción racional de las propias teorías, teniendo en cuenta su evolución, variaciones y aspectos contrapuestos en base a elementos internos al contenido teórico. Para Lakatos, las relaciones entre historia y filosofía de la ciencia culminaban con la reconstrucción de la historia interna, a la cual debía acompañar la historia externa (*Ibid.*, p. 110).

<sup>18</sup> En *El progreso y sus problemas* (1978), Laudan propuso una meta-metodología explícita y una teoría normativa de la racionalidad. En oposición al positivismo, el relativismo y el realismo, Laudan planteó las “tradiciones de investigación” como noción alternativa al “paradigma” kuhniano y al “programa de investigación” de Lakatos. Al igual que los paradigmas, las tradiciones de investigación que propuso contienen elementos tanto metafísicos como metodológicos, pero minimizando el contenido sociológico y pedagógico que sí estaba más presente en Kuhn. Como los programas de Lakatos, las teorías generadas dentro de una tradición de investigación cambian con el tiempo pero, en lugar de ser secuenciales, las teorías no constituyen en sí mismas las tradiciones de investigación.

<sup>19</sup> En el caso de Kuhn, expresó claramente que para él la racionalidad era un principio de la práctica científica:

“No creo en absoluto que la ciencia sea una actividad intrínsecamente irracional [...]. No asumo esta aseveración como un hecho, sino como un principio. El proceder científico, en su conjunto, es el mejor ejemplo que tenemos de racionalidad.” (Kuhn 1971, p. 143)

racionalidad y objetividad científica de los geólogos se producen a través de procesos altamente complejos, muchas veces más de lo que se podría creer en primera instancia (Kuhn 2000).

Por su parte, el filósofo canadiense Ian Hacking ha ahondado en lo que denomina los “estilos de razonamiento científico” (1982) o, más recientemente, los “estilos científicos de hacer y pensar” (2012). El objetivo de Hacking es, precisamente, dar cuenta de diferentes racionalidades y maneras de conocer que han emergido y estabilizado en distintos momentos de la historia de las ciencias (Sciortino 2017). Con ellos no se refirió únicamente a métodos de razonamiento o de investigación, sino que aluden a varias implicaciones filosóficas en cada uno de ellos, como la introducción de nuevos objetos y nuevos criterios de verdad o falsedad<sup>20</sup>. Al igual que Kuhn, Hacking no estaría de acuerdo en catalogar la actividad del AWG como irracional, sino que afirmaría que su racionalidad debería comprenderse históricamente. Así es, de hecho, como comenzó en su libro *Representar e intervenir* (1996 [1983], p. 19), criticando a los filósofos que habían “momificado” la ciencia.

Sea como fuere, siguiendo a Nickles (2021), el giro historicista dio pie a reflexionar en torno a cómo se puede apelar a la historia para explicar los cambios científicos, cómo afectan a nuestros juicios normativos las descripciones históricas o cómo puede la historia dar cuenta de la metodología de la ciencia. La derivación a subrayar aquí es la constatación de que tendría poco sentido intentar explicar la conceptualización del Antropoceno sin ningún tipo de consideración histórica. No tendría sentido elucidar una “lógica de la confirmación” o elaborar/aplicar una teoría acerca de cómo los geólogos toman las decisiones a la hora de formalizar una nueva unidad geológica. En cambio, lo que sí resulta interesante es la comprensión de la racionalidad científica en distintos colectivos y momentos históricos, especialmente en la elaboración de un concepto tan controvertido como el Antropoceno.

Durante la segunda mitad del siglo XX, es sabido que este tipo de consideraciones dieron alas a una pluralidad de interpretaciones escépticas ante la ciencia. De hecho, tras el declive de los dogmas positivistas, la crisis de racionalidad derivó durante la década de 1990 en lo que se conoce como las “Guerras de la ciencia”, en las que muchos filósofos intentaron defender la verdad, la objetividad y la racionalidad frente a las múltiples amenazas de otros académicos inspirados en distintos tipos de relativismo. Muchas de estas controversias podrían ser reinterpretadas en las condiciones particulares que hoy presenta el caso del Antropoceno científico. Por mi parte, yo me centraré en una dimensión específica: la cuestión de los valores, que está íntimamente vinculada con muchos de los debates filosóficos desencadenados a partir del giro historicista. Como subrayó Hilary Putnam, hay que tener en cuenta que la racionalidad “es una actividad intencional y humana, la cual, como cualquier actividad que se alce por encima del hábito y del mero seguimiento de la inclinación o de la obsesión, está orientada por la idea de lo bueno” (2008 [1981], p. 140). O, dicho en otras palabras: la racionalidad científica está cargada de valores. También a la hora de decidir la conveniencia de adoptar una nueva unidad de tiempo geológico.

---

<sup>20</sup> El trabajo de Hacking, sin embargo, no resulta especialmente relevante para comprender las condiciones históricas que influyen en la formalización de un tiempo geológico en particular. Esto se debe a que sus aportaciones se insertan en una historia de largo alcance temporal, donde se plantean los principales estilos del hacer y el pensar científico, desde el “estilo matemático” iniciado por los antiguos griegos hasta el “estilo de laboratorio” promovido por Boyle y la bomba de vacío.

### I.3. El ideal de la ciencia libre de valores y el giro axiológico en filosofía de la ciencia

El ideal de una ciencia libre de valores hunde sus raíces siglos atrás (Proctor 1991), aunque la formulación contemporánea se remonta a la década de 1950 (Douglas 2009). En concreto, la separación entre ciencia y valores fue otro de los grandes dogmas asumidos por empiristas y positivistas, como explícitamente fue el caso de Bernard Russell, Alfred Ayer o Hans Reichenbach<sup>21</sup>. Todos ellos separaron tajantemente cualquier juicio de valor de los enunciados propiamente científicos, coherentemente con el *principio de verificación* —que establecía que una oración sólo podía ser significativa si expresaba algo contrastable con la observación empírica. Dado que un juicio axiológico como “El Antropoceno es una buena hipótesis” no cumpliría dicho requisito, con el dominio de los positivistas existiría una clara desvinculación de la axiología —o teoría de los valores— con la epistemología y la filosofía de la ciencia.

Sin embargo, el dogma de una ciencia libre de valores quedó como un mito más dentro de los muchos que circularon entre científicos y filósofos de corte positivista, y que además trascendió el mundo académico consolidándose como un lugar común en la esfera pública. El debate comenzó con los trabajos de C. West Churchman (1948) y Richard Rudner (1953), quienes reconocieron que —además de los valores que pudieran guiar el interés por elegir un problema de investigación— eran necesarios valores para establecer cuándo las evidencias podían considerarse suficientes para realizar una afirmación científica. Rudner argumentó que, dado que la ciencia no era un proceso deductivo y que existe una brecha inductiva entre las pruebas y las afirmaciones que se hacían, siempre hay que decidir “que las pruebas son lo suficientemente sólidas o que la probabilidad sea lo suficientemente alta como para justificar la aceptación de la hipótesis” (Rudner 1953, p. 2). Esto implicaba que valores extra-epistémicos, como los valores sociales o morales, podían tener un lugar legítimo a la hora de decidir si una afirmación científica estaba suficientemente justificada, por ejemplo, en relación con el riesgo social o la responsabilidad moral que atañería dicha decisión. En el caso de considerar si hay evidencia empírica suficiente para formalizar el Antropoceno, por ejemplo, los científicos podrían estar considerando si ello repercutiría positivamente en otros valores como la “sostenibilidad medioambiental” o la “interdisciplinaridad” (V.3). Lo que se considerarían evidencias estratigráficas válidas dependería, por consiguiente, tanto de los valores epistémicos como los del contexto donde se aplican, teniendo en cuenta las implicaciones más amplias que ello podría suponer.

Estas primeras aproximaciones a la axiología de la ciencia fueron, sin embargo, discutidas por algunos filósofos, como fue el caso de Richard Jeffrey (1956) e Isaac Levi (1960). En el caso de Jeffrey, el filósofo estadounidense respondió sosteniendo que los científicos no necesitaban aceptar o rechazar hipótesis, sino que debían limitarse a asignar probabilidades<sup>22</sup>. Por su parte, Levi adoptó un enfoque normativista, asegurando que los científicos no deberían tener en cuenta las implicaciones sociales más amplias de su trabajo o el contexto donde elaboran sus

---

<sup>21</sup> Un precursor del ideal fue Max Weber, aunque, como muestra Douglas (2016), sugiriendo que los valores servían para orientar a los científicos en lo que resultaba relevante investigar. El hecho de que los intereses y preocupaciones de los científicos ayuden a escoger una investigación u otra no parecía problemático y nunca fue discutido entre los filósofos de la ciencia. Pero, en 1950, se pensaba que esto formaba parte del contexto de descubrimiento, no del de justificación. Si los valores tenían un rol en la lógica de la justificación, la preocupación era que la ciencia pudiera corromperse.

<sup>22</sup> Cabe señalar, sin embargo, que Rudner se anticipó al enfoque planteado por Jeffrey. Incluso a la hora de asignar probabilidades, Rudner argumentó que también había que decidir si dichas probabilidades estaban debidamente justificadas (Rudner 1953, véase también Douglas 2016).

afirmaciones, como parece que se intuyó a la hora de conformar el AWG (III.2.2). Por eso defendió el uso de ciertos “cánones de inferencia” a la hora de examinar la evidencia y su relación con las hipótesis, dado que dichos cánones exigían una respuesta uniforme por parte de los científicos cuando se enfrentaban a juicios sobre la validez de las pruebas. Precisamente, fue este tipo de argumentación la que fomentó la defensa del ideal contemporáneo de la ciencia *value-free* (Douglas 2016). Los cánones de inferencia debían incluir consideraciones como la “simplicidad”, el “alcance” y el “poder explicativo”, aspectos que —como se mostrará en el siguiente subapartado— pronto se denominarían “valores epistémicos” o “valores cognitivos”. Así, el ideal de la ciencia libre de valores consideraba que los valores sociales, políticos, éticos, etc., sólo debían influir en los aspectos “externos” de la ciencia —como la elección de los proyectos a investigar o las metodologías aceptadas éticamente—, pero que, en el seno de la práctica científica, a la hora de realizar inferencias, ningún valor extra-epistémico debía desempeñar papel alguno<sup>23</sup>.

Esta relegación de los valores al contexto social no fue incompatible, en cualquier caso, con la afirmación y fomento de una axiología de la ciencia, del mismo modo que la epistemología y la metodología colaboraban con sus aportaciones al avance de la ciencia. Tal es el caso del interés manifestado por Alvin M. Weinberg, quien fue un importante científico y gestor de ciencia y tecnología estadounidense<sup>24</sup>. En su artículo “La axiología de la ciencia: La urgente cuestión de las prioridades científicas ha contribuido a promover una creciente preocupación por los valores en la ciencia” (1970), el físico nuclear empujó a la filosofía de la ciencia a no prestar tanta atención a la ontología y la epistemología, y a focalizarse en la dimensión axiológica de la ciencia, que en aquel momento era un enfoque prácticamente inexistente. Weinberg creyó que el análisis de los juicios axiológicos en la actividad científica sería de sumo interés, especialmente para la gestión de la política científica:

“La ciencia en este sentido —ya sea a nivel del científico individual que decide hacer esto en lugar de aquello, o a nivel del director de investigación que pone a todo un laboratorio en este rumbo o en otro, o a nivel de la Oficina del Presupuesto, que dirige la política científica de toda una nación en un sentido u otro— implica en todos los casos cuestiones de valoración. ¿Es más importante, o más valioso, o de alguna manera mejor, hacer esto en lugar de aquello, apoyar la física de altas energías en lugar de la física nuclear, o la oceanografía en lugar de la ciencia espacial? De nuevo, no conozco ningún caso en el que la ciertamente rudimentaria axiología existente de la ciencia haya proporcionado un único modelo de actuación a algún gestor científico. Y, sin embargo, en el mismo sentido que la filosofía tradicional de la ciencia ayuda a clarificar los supuestos subyacentes en los

---

<sup>23</sup> En este sentido, es reseñable el trabajo de Robert Proctor (1991), quien mostró cómo el ideal de la ciencia “pura” o “libre de valores” fue una reacción ante distintas situaciones políticas, incluido el uso de la ciencia por parte del gobierno o la industria, la especialización de disciplinas profesionales y los esfuerzos por reprimir las libertades intelectuales y politizar el mundo académico.

<sup>24</sup> Conviene tener en cuenta la amplia experiencia de Alvin Weinberg como gestor científico: fue director de investigación en el Laboratorio Nacional Oak Ridge (LNOR) durante el Proyecto Manhattan, y en 1955 pasó a ser el director de todo el laboratorio. Bajo su liderazgo, el laboratorio trabajó en programas como el de Propulsión Nuclear de Aeronaves, que fue pionero en muchos diseños de reactores innovadores. En el momento en que fomentó el desarrollo de una axiología de la ciencia, Weinberg había sido designado presidente del Comité de Ciencia durante el mandato de Eisenhower y más tarde estuvo al servicio de la administración Kennedy.

que trabaja el científico, así de útil concibo que la axiología de la ciencia debe ser para el administrador científico” (Weinberg 1970, p. 612).

Esta cita de Weinberg resulta oportuna porque refleja, por parte de un experimentado gestor de ciencia y tecnología, la importancia que tiene el análisis axiológico a la hora de tomar la decisión de aceptar o no el Antropoceno como unidad formal, con todas las repercusiones políticas, ecológicas y sociales que ello pudiera implicar (V.4). Sus apuntes dieron pie a la consideración de valores no epistémicos, sobre todo a la hora de optar por una línea de investigación u otra, la distribución de recursos necesarios o el tipo de aplicaciones admisibles del conocimiento científico. Estos valores han de tenerse en cuenta también entre los geólogos y científicos del Sistema Tierra, aunque relegarlos fuera de la propia constitución de conocimiento seguiría siendo, a fin de cuentas, perpetuar el ideal de una ciencia sin valores.

Dentro de la filosofía de la ciencia, el declive del mito de la ciencia sin valores vino a partir del giro historicista mencionado en el apartado anterior. De hecho, siguiendo a Echeverría (1998, 2002, 2018), se puede afirmar que se produjo un segundo giro a tener en cuenta: el *giro axiológico*, en el que varios filósofos de la ciencia pasaron a preocuparse por la dimensión estimativa de la ciencia, también a la hora de evaluar su contenido epistémico. La tendencia fue liderada por varios autores, entre ellos Laudan, Putnam y el propio Kuhn. Estos y otros autores han aportado desde finales del siglo XX nociones interesantes a la hora de estudiar la axiología de la ciencia, algunas de las cuales fundamentarán las herramientas filosóficas de este trabajo. Mostraré cuáles de ellas resultan más adecuadas para este cometido y por qué.

### I.3.1. Valores epistémicos e historicidad de los valores

En el libro *La tensión esencial* (1982 [1977]), Kuhn publicó un artículo notable: “Objectivity, Value Judgment, and Theory Choice”, en el que comenzó a preguntarse qué era lo que hacía a una teoría fuera “buena” o “mala” —y no lo que la hacía “verdadera” o “falsa”, como hubiera sido habitual entre las filosofías de corte positivista. Esto le llevó a afirmar que la elección de paradigmas rivales estaba inexorablemente cargada de valores, identificando además cinco de ellos: la “precisión”, “coherencia”, la “simplicidad”, la “amplitud” y la “fecundidad” (pp. 344-364). Con estos cinco criterios axiológicos no pretendió ser exhaustivo, pero sí insistió en que se trataban de cinco valores estándar a la hora de evaluar la suficiencia de una teoría:

“En primer término, una teoría debe ser *precisa*: esto es, dentro de su dominio, las consecuencias deducibles de ella deben estar en acuerdo demostrado con los resultados de los experimentos y las observaciones existentes. En segundo lugar, una teoría debe ser *coherente*, no sólo de manera interna o consigo misma, sino también con otras teorías aceptadas y aplicables a aspectos relacionables de la naturaleza. Tercero, debe ser *amplia*: en particular las consecuencias de una teoría deben extenderse más allá de las observaciones, leyes o subteorías particulares para las que se destinó en un principio. Cuarto, e íntimamente relacionado con lo anterior, debe ser *simple*, ordenar fenómenos que, sin ella, y tomados uno por uno, estarían aislados y, en conjunto, serían confusos. Quinto —aspecto algo menos frecuente, pero de importancia especial para las decisiones

científicas reales—, una teoría debe ser *fecunda*, esto es, debe dar lugar a nuevos resultados de investigación: debe revelar fenómenos nuevos o relaciones no observadas antes entre las cosas que ya se saben” (Kuhn 1982 [1977], pp. 345-346).

Poco después añadió un sexto valor: la “utilidad”, acercándose así a la ciencia aplicada y su interrelación con una variedad de cuestiones prácticas<sup>25</sup>. Como se mostrará en el [Capítulo III](#), varios de estos valores resaltados por Kuhn son explícitamente interpretables en el discurso del AWG, que son quienes evalúan el Antropoceno como una posible época geológica formal. La “precisión”, por ejemplo, es un valor importante a la hora de determinar la evidencia empírica que define los límites estratigráficos de cualquier unidad de tiempo en la Tabla Estratigráfica Internacional. Otro tanto ocurriría con la “coherencia” y, en particular, con el sexto valor: la “utilidad”, puesto que se valora dotar de un significado oficial y estable al término y aumentar así su rigor cuando se aplica en otras disciplinas (Zalasiewicz et al. 2008, 2017, 2019; Vidas et al. 2019; Steffen et al. 2020). Por lo tanto, la afirmación de Kuhn acerca de la existencia de algunos valores permanentes en la actividad científica resulta interesante, puesto que en parte explican las decisiones científicas tomadas por el AWG. Eso sí: Kuhn tuvo en cuenta que no todos los científicos los conciben de la misma manera. Y además señaló un detalle importante, y que recogeré más adelante ([II.5.1](#)): “las diferentes disciplinas se caracterizan, entre otras cosas, por conjuntos diferentes de valores compartidos” (1982 [1977], p. 355). Es interesante la alusión que hizo a cómo los valores pueden propagarse de unas disciplinas a otras, y cómo en algunas disciplinas algunos valores son más importantes que otros. Él puso como ejemplos la “precisión”, la “coherencia”, la “utilidad” y la “amplitud”:

“La precisión como valor ha venido denotando cada vez más, con el tiempo, concordancia cuantitativa o numérica, a veces a expensas de la concordancia cualitativa. Antes de los tiempos modernos, sin embargo, la precisión en ese sentido era un criterio sólo para la astronomía, la ciencia de la región celeste. No se esperaba encontrarla en ninguna otra parte. En el siglo XVII, sin embargo, el criterio de concordancia numérica se extendió a la mecánica; a finales del siglo XVIII y principios del XIX pasó a la química y a otros campos como los de la electricidad y el calor, y en este siglo a muchas partes de la biología. O piénsese en la utilidad, valor que no figuró en mi primera lista. Ha venido figurando significativamente en el desarrollo científico, pero con mayor fuerza y de manera más estable para los químicos que para, digamos, los matemáticos y los físicos. O considérese la amplitud. Sigue siendo un valor científico importante, pero los grandes avances científicos se han logrado una y otra vez a expensas de este, y correspondientemente ha disminuido el peso atribuido a él en épocas de elección” (1982 [1977], pp. 359-360).

---

<sup>25</sup> Kuhn no profundizó en el significado de este valor, tan solo mencionó lo siguiente: “O piénsese en la utilidad, valor que no figuró en mi primera lista. Ha venido figurando significativamente en el desarrollo científico, pero con mayor fuerza y de manera más estable para los químicos que para, digamos, los matemáticos y los físicos” (Kuhn 1982 [1977], p. 360). La utilidad puede entenderse entonces como utilidad práctica, como puede ser la utilidad militar, política, social o industrial de un descubrimiento científico, por ejemplo. Pero también puede entenderse como utilidad teórica, en tanto que la elección de una teoría predictiva, por ejemplo, puede ser útil para desarrollar conocimiento en otros campos (Echeverría 1998, p. 130).



Como se ve, Kuhn se refirió a un mismo valor “precisión” que puede ser concebido de distintas formas por diferentes colectivos y momentos históricos: no es lo mismo la precisión relacionada con la concordancia numérica entre los astrónomos del siglo XVII que, por ejemplo, la precisión entendida por los biólogos del siglo XX. Otro tanto ocurre entre geólogos y científicos de la Tierra de distintas disciplinas y momentos históricos (V.2). De ahí la conveniencia de subrayar la consideración de los valores como cualidades variables en el tiempo, por lo que la inclusión de la reflexión histórica se torna imprescindible:

“[...] Pero basta con saber un poco de historia para sugerir que tanto la aplicación de estos valores como, más obviamente, los pesos relativos que se les atribuyen han variado marcadamente con el tiempo y también con el campo de aplicación. Además, muchas de estas variaciones de los valores se han asociado con cambios particulares de la teoría científica. [...] tales valores se han aprendido en parte de la experiencia y han evolucionado con la misma” (*Ibid.*, p. 359).

De modo que, siguiendo a Kuhn, resulta necesario atender la dimensión histórica de los valores para comprender la dimensión estimativa en la aceptación del Antropoceno como época geológica. Es importante destacar la importancia de incluir dicha perspectiva, puesto que difiere de propuestas de otros autores como Robert K. Merton (1973 [1942]), quien ya había afirmado antes que Kuhn que, además de métodos y conocimientos, también existía un “*ethos* de la ciencia”, es decir, “un conjunto de valores y normas culturales que gobiernan las actividades llamadas científicas” (p. 67). Sin embargo, en lugar de concebir una axiología dinámica de la ciencia, Merton restringió su estudio a las instituciones científicas y trató de caracterizarlas en términos globales bajo los siguientes imperativos: “El *ethos* de la ciencia moderna incluye cuatro conjuntos de imperativos institucionales: el universalismo, el comunismo, el desinterés y el escepticismo organizado” (*Ibid.*).

Por su parte, Kuhn prefirió distinguir los valores de las reglas y las normas (1982 [1977], p. 354). Al ser prescriptivas, estas determinan el modo de actuación, algo que no sucede con los valores: “los criterios de elección con los cuales comencé funcionan no como reglas que determinan decisiones a tomar, sino como valores, que influyen en éstas” (*Ibid.*, p. 355). Merton, en cambio, presentó cuatro ideales que podrían ser considerados, quizás, como valores presentes en varias prácticas icónicas de la ciencia. Pero no en muchas otras prácticas, ni mucho menos<sup>26</sup>. De ahí que sea pertinente estudiar siempre la historia de la ciencia, como señaló Kuhn. El trabajo de Merton, en cualquier caso, invita a tener en cuenta las reglas, normas y objetivos de la estratigrafía a la hora de reflexionar acerca de sus valores. Al afirmar que la actividad científica está definida por normas de obligado cumplimiento, de hecho, puso en relevancia un aspecto importante acerca de la racionalidad científica que habría pasado desapercibida entre muchos filósofos afines a la concepción heredada:

---

<sup>26</sup> En este sentido, la tesis de Merton fue criticada por varios sociólogos y filósofos de la ciencia. Véase, por ejemplo, Micahel Mulkay (1980, pp. 125-140) o Laudan (1984, pp. 156-157).

“Las normas de la ciencia poseen una justificación metodológica, pero son obligatorias, no sólo porque constituyen un procedimiento eficiente, sino también porque se las cree correctas y buenas. Son prescripciones morales tanto como técnicas” (Merton 1973 [1942], p. 359).

Esta aportación también es destacable a la hora de comprender los valores del Antropoceno geológico, en tanto que la existencia de normas es clara y patente en la *Guía Estratigráfica Internacional* (Salvador 1994) y la *Guía y Estatutos de la Comisión Internacional de Estratigrafía* (Cowie et al. 1986, Remane et al. 1996), por las que hoy debe guiarse su aceptación como unidad formal. Siguiendo a Merton, puede decirse que dichas normas están convenidas porque se estiman valiosas, y no sólo a nivel técnico o metodológico, sino también moral. Él hizo alusión a las normas, pero el análisis de éstas, así como de reglas y objetivos, es una vía útil —como se muestra en el **Capítulo III**— para indagar en los valores que subyacen explícitamente en las prácticas estratigráficas. Ello no implicará caer en un *normativismo axiológico*, en el que el estudio de los valores se reduzca al estudio de reglas y normas. Tampoco en un *teleologismo axiológico*<sup>27</sup>. Como señala Echeverría, el mundo de los valores es más vasto y complejo que las normas y objetivos científicos:

“[...] no se trata de resolver la cuestión de la ciencia y los valores a base de postular un valor fundamental (el objetivo de la ciencia), tratar de reducir los restantes valores a él y convertirlo en el criterio fundamental de racionalidad científica. Lamentablemente, numerosos filósofos de la ciencia, así como no pocos sociólogos, han seguido esa estrategia reduccionista. En lugar de partir de la existencia de una finalidad para la ciencia, y a partir de ahí estudiar qué valores son coherentes con ellos y cuáles no — demarcacionismo—, así como intentar inferir las reglas metodológicas a partir de los fines de la ciencia —concepción teleológica—, hay que invertir el planteamiento” (Echeverría 1998, p. 111).

Por lo tanto, en lo que aquí atañe, se considerará que las metas u objetivos pueden funcionar como valores, en tanto que éstos se estiman valiosos. Pero los valores presentes en la práctica científica no se reducen a sus objetivos, ni tampoco a sus reglas o normas. Cabe concebir los valores como un paso previo al establecimiento de objetivos, de hecho. Hilary Putnam (2008 [1981]) aportó buenas razones al respecto, autor que también fue clave en el giro axiológico y el consecuente desplome de la dicotomía entre hechos y valores<sup>28</sup>.

---

<sup>27</sup> La concepción teleológica en el estudio axiológico de la ciencia fue una tendencia seguida por otros autores como Ernan McMullin (1988). Él se centró en la alteración de métodos y metas, desprendiendo una tesis principal: la racionalidad científica, plasmada ante todo en la metodología, es un instrumento para satisfacer los objetivos de la ciencia. En consecuencia, si estos objetivos cambian, tanto los métodos como la racionalidad también lo hacen. Su aportación es interesante, aunque presenta problemas cuando identifica los valores con de la ciencia con los objetivos de esta. Otro tanto sucedió con Larry Laudan (1984), quien se refirió a los valores en términos teleológicos, en tanto que identificó los fines de la ciencia con los valores que guían su práctica.

<sup>28</sup> Para ello, Putnam partió de John Dewey, quien había subrayado con anterioridad que “no hay ninguna investigación que no suponga juicios prácticos. El investigador tiene que ponderar constantemente la información recogida por sus propias observaciones y por los hallazgos de otros; tiene que sopesar valorar



En particular, Putnam resaltó que sin valores no hay ni hechos científicos, ni los procedimientos necesarios para llegar a ellos: “los propios enunciados fácticos y los procedimientos de investigación empírica con los que contamos para decidir si algo es o no un hecho presuponen valores” (Putnam 2008 [1981], p. 132). En primera instancia, el filósofo estadounidense aportó la idea de que los valores son *condición de posibilidad* de las evidencias empíricas, sin perjuicio de que también incidan en la metodología científica, así como en las normas, objetivos y en la eventual aceptación de una proposición por parte de la comunidad científica: “Sin valores cognitivos de coherencia, simplicidad y eficacia instrumental no tenemos ni mundo ni hechos, y ni siquiera hechos sobre qué es relativo a qué” (*Ibid.*).

Como resalta Echeverría (2018), esta afirmación tuvo una gran relevancia para la epistemología, puesto que reivindicó la prioridad de la axiología con respecto a cualquier teoría del conocimiento. Para tratar de elucidar si existe suficiente evidencia empírica para ratificar el Antropoceno, Putnam señalaría que siempre hay una serie de criterios axiológicos que son condición de posibilidad de dichas propuestas, por ejemplo en “coherencia”, “simplicidad”, “precisión”, “eficacia instrumental”, “fecundidad”, etc. Su trabajo fue un avance importante para dismantlar el mito de la neutralidad axiológica de la ciencia, que él atribuyó a una interpretación dicotómica de la distinción kantiana entre juicios sintéticos y analíticos, así como a la distinción humeana entre el “ser” y el “deber ser” (Putnam 2004). Y lo que también es relevante: afirmó que los valores cambian históricamente, como ya había señalado Kuhn. Tanto las aportaciones de Putnam como las de Kuhn son, de este modo, aportaciones compatibles entre sí. Sirven para comprender un aspecto importante en el estudio histórico-axiológico del Antropoceno: no hay teorías, conceptos, métodos, normas ni objetivos científicos sin una previa e inescapable estimación valorativa. De ahí que los valores hayan de considerarse en su contexto histórico, no como entidades inmutables y preestablecidas (I.4.1).

### I.3.2. Valores contextuales y etapas del desarrollo científico

En su defensa por establecer la neutralidad axiológica en economía y sociología, Max Weber (2011 [1949]) distinguió al menos cuatro etapas donde los valores pueden afectar al desarrollo científico:

- (i) La elección del problema de investigación.
- (ii) La recopilación de evidencias en relación con el problema.
- (iii) La aceptación de una hipótesis en base a la evidencia recopilada.
- (iv) La divulgación y aplicación de los resultados obtenidos.

Como señalan Reiss y Sprenger (2020), actualmente la mayor parte de los filósofos de la ciencia estarían de acuerdo en afirmar que la incorporación de valores no epistémicos a la actividad científica solo es controvertida en las fases (ii) y (iii)<sup>29</sup>. Está casi universalmente asumido que la selección de un problema concreto de investigación a menudo se ve influida por los intereses y

---

su significación en cuanto a los problemas que habrá de abordar y a las actividades de observación, experimentación y cálculo que habrá de llevar a cabo” (Dewey 1950, p. 157).

<sup>29</sup> Kevin C. Elliott (2017, p. 10) distingue la elección del tema de investigación de la determinación de objetivos, además de resaltar el papel de la incertidumbre en la etapa (iii). Aunque es un apunte interesante, en el caso del AWG se verá que la elección del problema de estudio es inherente al establecimiento de sus objetivos (III.2).

valores personales de los científicos, las instituciones que financian la investigación y la sociedad en general, tal y como explícitamente afirmó Weinberg (1970). Esta influencia puede hacer que la ciencia escoja sus investigaciones por motivos a menudo más prosaicos que la búsqueda de conocimiento *per se*, pero también puede tener beneficios: los científicos se centran en proporcionar soluciones a los problemas que la sociedad considera urgentes y que, de hecho, pueden mejorar la vida de las personas<sup>30</sup>. Del mismo modo, la proliferación y aplicación de los resultados de la investigación científica se ve notablemente influida por los valores personales de los usuarios finales y los propios editores de revistas. El verdadero debate radica en la posibilidad de que el “núcleo” de la racionalidad científica detrás del Antropoceno —en la recopilación de evidencias y la evaluación y aceptación como unidad geológica formal— contenga valores además de los epistémicos mencionados en el anterior subapartado.

En esta discusión, la referencia a Larry Laudan y su libro *Science and Values* (1984) es insalvable a la hora de ejemplificar uno de los posicionamientos en el giro axiológico que *no* seguiré. A través de su “modelo reticular”, la axiología de la ciencia —que la distinguió de la epistemología y la metodología— comenzó a tener un mayor protagonismo en el contexto académico anglosajón, pero contribuyendo a una visión de los valores reducida al ámbito cognitivo. Esta es la razón por la que sus aportaciones son de poco interés para comprender la dimensión estimativa del AWG, o al menos lo son para afirmar qué perspectivas conviene desechar. En concreto, Laudan sostuvo que los valores políticos o económicos que pudieran aparecer en el contexto donde se desarrolla la ciencia conciernen a “las dimensiones no racionales de la evaluación de problemas” (1984, p. 64). Y a partir de ahí, sólo se ocupó de valores epistémicos, como afirmó desde el principio de su obra:

“No tengo nada que decir sobre los valores éticos como tales, puesto que manifiestamente no son los valores predominantes en la empresa científica. Ello no equivale a decir que la ética no juegue papel alguno en la ciencia; por el contrario, los valores éticos siempre están presentes en las decisiones de los científicos y, de manera muy ocasional, su influencia es de gran importancia. Pero dicha importancia se convierte en insignificancia cuando se compara con el papel omnipresente de los valores cognitivos. Una de las funciones de este libro consiste en corregir el desequilibrio que ha llevado a tantos escritores recientes sobre la ciencia a estar preocupados por la moralidad científica más que por la racionalidad científica, que será mi tema central” (Laudan 1984, p. 12).

Así, Laudan pasó a abordar una axiología reducida a cinco criterios: la “coherencia”, la “verdad”, la “simplicidad” y la “fecundidad predictiva”, tres de ellos en concordancia con la propuesta de Kuhn. Se trata de una concepción a la que Laudan también se refirió como “evaluación cognoscitivamente racional” (p. 63) y que ya ha sido ampliamente criticada por Echeverría (1998, 2002, 2018), puesto que redujo la complejidad de la toma de decisiones a cuestiones únicamente intelectuales o cognitivas. Efectivamente, la tesis de Laudan asumió la presencia de valores no epistémicos —morales, en particular— en la actividad científica, pero a continuación defendió la imparcialidad con la que los científicos actúan a la hora de resolver problemas epistémicos. En el fondo, su tesis está conectada con la famosa separación entre el contexto de justificación y de

---

<sup>30</sup> Esto también es aplicable a otro tipo de investigaciones no necesariamente asimilables a la “ciencia”. La propia formulación misma de la Axiología Histórica, de hecho, asume conscientemente este tipo de valores (II.5.2).

descubrimiento (Reichenbach 2021 [1938]), puesto que restringió la influencia de valores no epistémicos a los motivos extrínsecos de investigación, desarrollo y proliferación social de una teoría científica, pero no a su contenido interno. Esta separación, en la que los valores parecen estar compartimentados en dominios separados y sin interrelación alguna, representa precisamente el ideal contemporáneo de la ciencia *value-free* (Douglas 2016, Reiss y Sprenger 2020), sin perjuicio de que Laudan aceptara la presencia de valores epistémicos en la “elección progresiva de teorías” (Laudan 1978). El planteamiento, sin embargo, puede ser cuestionado de diversas maneras.

En primer lugar, Richard Rudner ya había argumentado que “ningún análisis de lo que constituye el método científico sería satisfactorio si no incluyera la consideración por parte del científico de que, como tal, acepta o rechaza hipótesis” (1954, p. 2). En particular, su afirmación se basó en cómo los controles de calidad industrial y otras investigaciones aplicadas a menudo era necesario aceptar o rechazar una hipótesis —en la eficacia de un fármaco, por ejemplo— para tomar decisiones efectivas. Asimismo, recalcó que ninguna hipótesis se confirma sin ningún tipo de duda razonable: siempre existe alguna probabilidad de haber cometido un error. De ahí que la decisión también “dependa de la importancia, en el sentido típicamente ético, de cometer un error cuando se acepta o rechaza una hipótesis” (*Ibid.*). En los casos que él planteó, una persona podía morir por los efectos secundarios de un medicamento aceptado erróneamente, y al revés: hay personas que podían fallecer al no tener acceso a un medicamento rechazado por error. Extrapolándolo al caso que aquí atañe, según Rudner, la decisión de aceptar o rechazar la formalización del Antropoceno implicaría —al menos implícitamente— un juicio de valor no epistémico, porque la comunidad geológica pertinente tendría que estimar cuáles de las consecuencias de una decisión consideran más aceptable (V.4).

La concepción de Rudner contrasta con el planteamiento de Laudan, y pueden encontrarse argumentos parecidos en Churchman (1948) y Braithwaite (1953). Por supuesto, uno podría criticar que sus planteamientos son válidos para la investigación aplicada o aquellas donde su impacto social es evidente, pero no necesariamente para las llamadas “ciencias básicas” o “fundamentales”. Tales han sido las críticas de Kevin Elliott (2017), quien señala que “incluso en las áreas teóricas de la física, los científicos y los responsables políticos se enfrentan a decisiones sobre la cantidad de dinero que se debe gastar en diferentes temas y la mejor manera de enmarcar y comunicar los nuevos descubrimientos” (p. 11). Concretamente, este autor concluye que “por ejemplo, cuando los fondos públicos han proporcionado el apoyo necesario para llevar a cabo proyectos de investigación de alto nivel”, los físicos se enfrentan a decisiones “sobre cuándo tienen suficientes pruebas para informar al público de los nuevos descubrimientos” (*Ibid.*). Por su parte, Douglas (2000) señala que las deliberaciones llevadas a cabo en la investigación a veces pueden contener juicios de valor implícitos: la metodología que se va a emplear, el diseño de un experimento, la caracterización de los datos y la elección de un modelo estadístico para analizarlos, la interpretación de los resultados, etc. Ninguna de estas decisiones podría tomarse sin considerar las posibles consecuencias que podrían ocurrir, de ahí que también concluya que la aceptación de teorías científicas sólo sea uno de los varios lugares donde los valores se implican en el razonamiento científico<sup>31</sup>.

---

<sup>31</sup> Como caso de estudio, Douglas (2000) planteó un conjunto de experimentos en los que se testearon en ratas los efectos cancerígenos de la exposición a las dioxinas. La seguridad y la aversión al riesgo fueron valoraciones contextuales que influyeron en la investigación en distintas fases: en primer lugar, a la hora de clasificar como benignas o cancerosas las muestras patológicas —cosa en la, al parecer, hubo un notable desacuerdo entre los expertos—, en segundo lugar, a la hora de extrapolar los resultados de la prueba

Otra aportación relevante que contrasta con el planteamiento de Laudan es el trabajo de Helen Longino (1990), con quien la perspectiva feminista irrumpió en el estudio axiológico de la ciencia. Para esta autora, los *valores constitutivos* —o epistémicos— como la “amplitud”, la “simplicidad” o la “fecundidad” nunca son, a fin de cuentas, exclusivamente epistémicos. La aplicación de estos valores, de hecho, no suelen ser independientes de su contexto: las científicas siempre parten de asunciones de partida que a menudo “encubren valores sociales” (*Ibid.*, p. 216). Ella propuso yuxtaponer los valores constitutivos con valores feministas como la “novedad”, la “heterogeneidad ontológica”, la “reciprocidad de interacción”, la “aplicabilidad a las necesidades humanas” y la “difusión del poder”, sosteniendo que la aplicación de los valores tradicionales —en particular, los propuestos por Kuhn— en lugar de su alternativa —por ejemplo, “simplicidad” en lugar de “heterogeneidad ontológica”— puede provocar sesgos y resultados de investigación adversos. Esto llevó a las filósofas a prestar más atención a las estructuras sociales de las prácticas y comunidades científicas, precisamente para capturar los *valores contextuales* que a menudo pasan desapercibidos en la propia constitución de conocimiento. Así, Phyllis Rooney (1992), por ejemplo, mostró que cuando se examinan valores epistémicos explicitados por los científicos en diferentes momentos históricos, a menudo se pueden identificar valores contextuales que influyen en lo que en apariencia se piensa que es estrictamente epistémico, como es el caso de valores sociales y religiosos. De ahí que esta autora criticara “una distinción sustancial entre valores epistémicos y no epistémicos” (p. 13)<sup>32</sup>.

En la actualidad, el debate sobre la incorporación de valores contextuales en la constitución de conocimiento ha derivado en cuestiones normativas que bien podrían aplicarse en la formalización del Antropoceno, sobre la legitimidad del conocimiento y la responsabilidad de los científicos (Elliott 2017, Reiss y Sprenger 2020). Por ejemplo, Douglas (2009) sostiene que la aplicación de valores contextuales es aceptable en las fases “externas” de la ciencia, es decir, a la hora de decidir qué proyectos se van a llevar a cabo, a la hora de hacer elecciones metodológicas y a la hora de decidir qué hacer con el conocimiento producido. Y sostiene que en las fases “internas” de la ciencia, cuando los científicos deciden qué hacer con las pruebas disponibles, los valores contextuales deberían influir sólo de manera indirecta, sopesando su validación en función del riesgo de las consecuencias —pero no en la propia elaboración de pruebas. Elliott (2017) afirma que es justificable la inclusión de valores como “transparencia” en las decisiones, la “representatividad” en estas de las prioridades éticas y sociales más amplias, y el “compromiso” entre los agentes implicados y académicos de diferentes disciplinas.

Por mi parte, la Axiología Histórica propuesta no tratará de dilucidar qué valores deben o no deben aplicar los diversos agentes involucrados en la formalización del Antropoceno, sin perjuicio de que constituya una reflexión de interés. Bastará con ser crítico con el discurso dominante. Lo que sí conviene señalar, a este respecto, es una cuestión implícita en estos debates: ¿Es posible separar las distintas fases de la actividad científica desde un punto de vista axiológico, como señaló Weber? Pienso que no. Los valores presentes en el proceso de formalización del Antropoceno no pueden separarse en una etapa en la que se decide iniciar la investigación, una

---

experimental a las condiciones normales, en las que la exposición a las dioxinas es más baja. En ambos casos, la elección de un modelo o clasificación particular tuvo que sopesarse con las posibles consecuencias adversas que hubieran podido ocasionar en la sociedad como resultado de haber subestimado los riesgos (ver también Reiss y Sprenger 2020).

<sup>32</sup> Por mi parte, si bien estoy de acuerdo con no separar “sustancialmente” lo epistémico de lo contextual, aquí sí diferenciaré entre valores epistémicos y no epistémicos por una cuestión pragmático-analítica basada en el pluralismo y sistemismo axiológico (I.4.2). Eso no quiere decir, en ningún caso, que el Antropoceno no comporte valores contextuales en el contenido epistémico de su formulación científica (V.4.2).

en la que se recopilan las pruebas y otra en la que se hace un juicio sobre la suficiencia de las pruebas. En sintonía con lo subrayado Elliott (2017), esa secuencia de etapas o fases de la investigación se repite de forma múltiple y, en cada una de ellas, el investigador tiene que decidir si los resultados obtenidos justifican el proyecto de investigación en curso, o si se debe desechar o cambiar a otra línea de investigación. Tales elecciones están cargadas de valores que interactúan de una manera no trivial (*Ibid.*), como se muestra en el [Capítulo III](#).

#### **I.4. Las propuestas de Echeverría: aportaciones y discusiones**

La aportación de Javier Echeverría en el ámbito de la axiología de la ciencia supone una referencia clave a la hora de articular un orden conceptual fecundo. Su trabajo en ciencia y valores partió del análisis crítico de varios de los autores del giro axiológico mencionado en el anterior apartado, aunque posee varias novedades que merecen ser destacadas. En línea con la propuesta de Kuhn, en lugar de reducir los valores a conceptos estáticos, Echeverría puso el acento en el dinamismo de los valores cuando son aplicados en situaciones o resultados concretos de la práctica científica en el transcurso de la historia. En primera instancia, él se inspiró en la concepción semántica en filosofía de la ciencia, y en concreto en la teoría de modelos, para indagar de qué manera una determinada propuesta o resultado científico, acontecidos siempre en un contexto histórico concreto, satisface unos u otros valores, y en qué medida (1998). Posteriormente amplió su propuesta en *Ciencia y valores* (2002), donde caracterizó su axiología como empírica, analítica, formal, pluralista, sistémica y meliorista (pp. 19-20). Y un poco más adelante, amplió su trabajo caracterizando axiológicamente algunos patrones de actividad científica y tecnológica que se vendrían dando desde mediados del siglo XX: la denominada “tecnociencia” (2003). Dicha tesis es interesante en varios aspectos, aunque que se distingue de su propuesta axiológica general, que en mi opinión contiene instrumentos analíticos más versátiles. A continuación discutiré estas apreciaciones de la obra de Echeverría en cuatro partes: (i) la noción de “valor”, (ii) el *pluralismo axiológico* y el *sistemismo axiológico* en la actividad científica, (iii) la *tesis de la tecnociencia*, y (iv) la *naturalización de la axiología e historia de la ciencia*. Las dos primeras serán en parte útiles para indagar en la axiología del Antropoceno, como se verá, mientras que las dos últimas no, al menos desde la perspectiva integrativa que aquí se adopta.

##### **I.4.1. Sobre la noción de “valor”**

Decía Rudolf H. Lotze que “los valores no son, sino que valen” (Echeverría 2002). Esta instancia supuso un punto de partida clave en la axiología del filósofo español, quien se resistió en primera instancia a dar una definición de “valor”. La acción de definir estaba en sí misma cargada de valores —de “rigor”, “precisión” o “utilidad”, por ejemplo— y comenzar con una definición hubiera supuesto priorizar la ontología —afirmando que los valores “son” algo— sobre el análisis axiológico de la propia definición. Esto le llevó posteriormente a concebir los valores desde el marco categorial fregeano, lejos de querer subsumir los valores al género aristotélico de “lo que es”. Su propuesta fue enmarcada dentro de una axiología formal, cuyo formato caracterizó los valores como resultados de aplicación de “funciones no saturadas” (pp. 42-54). Con ello destacó que los valores no son una proyección estimativa del sujeto sobre el objeto, ni tampoco una cualidad de éste último. Echeverría afirmó que los valores eran resultado de aplicar *funciones axiológicas* —de acciones valorativas— a distintos tipos de variables o argumentos. Estos



argumentos de cada función no tienen por qué ser números, objetos geométricos o entidades matemáticas. Pueden ser todo tipo de objetos, como una teoría, un plan de investigación, una acción e incluso una persona.

Por mi parte, pienso que los seres y los valores son diferenciables, sin implicar con ello que unos tengan prioridad sobre otros. Consideraré que ambos se constituyen recíprocamente: no hay seres sin valores, pero tampoco hay valores sin seres<sup>33</sup>. Si bien estoy de acuerdo con distinguir la axiología de la ontología, por tanto, aquí bastará con asumir una noción básica de “valor” que, ante todo, sea útil en el marco de la Axiología Histórica. Esta no es una axiología formal, dado que parece razonable pensar que los formalismos matemáticos puedan dificultar la hibridación de la reflexión filosófica con la narrativa histórica. De ahí que aquí no vaya a seguir la caracterización de los valores de Echeverría, ni tampoco vaya a hablar de funciones. No obstante, sí cabe proporcionar una definición práctica, en parte inspirada en él, para el estudio histórico del Antropoceno. Aunque sea sucintamente y asumiendo que dicho enunciado esté de por sí cargado de una serie de valores específicos, bastará entender un valor como una *cualidad relacional entre un objeto estimado y un sujeto estimador que surge en un determinado contexto sociohistórico*<sup>34</sup>.

En general, en teoría de los valores ha sido frecuente aludir a éstos como “cualidades”, así como recurrir a una ontología relacional a la hora de definirlos. Max Scheler (2009 [1973]), como más tarde José Ortega y Gasset (2010 [1947]) o Risieri Frondizi (2001 [1958]), por ejemplo, se refirieron a los valores como cualidades, en el caso de Frondizi puntualizándolos como cualidades relacionales entre sujetos y objetos. La definición proporcionada aquí es similar a esta última, aunque particularizada en clave sociohistórica. Como sugería Kuhn en los casos de la “precisión”, la “utilidad” o la “amplitud” (I.3.1), la consideración de los valores depende en buena medida del momento histórico y la disciplina donde se aplican. Él afirmaba que en la práctica científica se presencian una serie de valores *permanentes*, aunque admitiendo que los modos de interpretación de cada valor podían variar (1982 [1977]). Aquí no me explayaré en asunciones filosóficas de fondo, como la consideración objetiva, subjetiva o intersubjetiva de los valores<sup>35</sup>. Pero sí conviene poner de relieve cómo para Kuhn, a pesar de establecer una lista invariante de criterios axiológicos, ésta tenía una “estabilidad relativa” (p. 360). La transmisión de valores entre disciplinas, así como los posibles cambios en el sentido en el que se aplican, a su juicio devenía muchas veces a causa de un cambio de teoría. Y sin perjuicio de aceptar las normas de actualidad ni factualidad, también consideró introducir factores dependientes de la personalidad o la biografía de los individuos evaluadores:

“Cuando los científicos deben elegir entre teorías rivales, dos hombres comprometidos por entero con la misma lista de criterios de elección pueden llegar a pesar de ello a conclusiones diferentes. Quizá interpreten de modos distintos la simplicidad o tengan

---

<sup>33</sup> Como ha mostrado Echeverría en otra publicación (2016), esta afirmación está en José Ortega y Gasset, para quien la distinción entre el mundo del ser y del valer no obsta para considerarlos “mutuamente immanentes” (p. 486). En este sentido, asumiré la consideración del filósofo madrileño.

<sup>34</sup> En esta definición, “estimado” no implica necesariamente una valoración positiva, sino que es objeto de valoración.

<sup>35</sup> Baste mencionar que mi disposición es asumir un tipo de *perspectivismo axiológico*, aunque aquí no entraré en este asunto. Echeverría ha comenzado a explorar esta opción recientemente (2021), iniciativa con la que estoy altamente de acuerdo. Él afirma que los “valores de Kuhn son *perspectivas epistémicas*. No es lo mismo analizar una observación astronómica desde el punto de vista de la precisión que desde los puntos de vista de su coherencia o adecuación a los datos, o de la simplicidad, generalidad o fecundidad de los modelos usados” (p. 57).

convicciones distintas sobre la amplitud de los campos dentro de los cuales debe ser satisfecho el criterio de coherencia. O quizá estén de acuerdo sobre estos asuntos pero difieran en cuanto a los pesos relativos que deben asignárseles a éstos o a otros criterios, cuando varios de los mismos tratan de seguirse al mismo tiempo” (p. 348).

Para estudiar estos aspectos contingentes en la dimensión estimativa de los científicos, Kuhn continuó afirmando la necesidad de estudiar las características que hacen variar dichos cambios en las acciones valorativas:

“Con respecto a las divergencias de esta índole, no es útil ningún conjunto de criterios de elección. Puede explicarse, como suele hacerlo el historiador, por qué determinados hombres hicieron determinadas elecciones en determinados momentos. Pero, para tal fin, debe trascenderse la lista de criterios compartidos y pasar a las características de los individuos que tomaron las decisiones. Esto es, deben tratarse características que varían de un científico a otro sin que, con ello, se ponga en peligro su apego a los cánones que hacen que la ciencia sea científica. Aunque si existen tales cánones y deben ser descubribles (indudablemente los criterios de elección con los que comencé figuran entre ellos), no bastan, en sí, para determinar las decisiones del científico como individuo. Para este fin, los cánones compartidos deben estudiarse de maneras que difieren de un individuo a otro” (p. 348).

De ahí la importancia, a mi modo de ver, de considerar también la influencia de los valores contextuales mencionados en el anterior subapartado, también a la hora de comprender los sentidos de aplicación de los valores epistémicos en un determinada circunstancia sociohistórica. Aunque Kuhn se refirió a estas divergencias en clave individualista y subjetiva —afirmando, eso sí, que los científicos compartían valores dentro de una comunidad científica (2012 [1962])—, para el caso del Antropoceno pienso que tales diferencias pueden resaltarse ante todo desde una óptica colectivista e intersubjetiva (II.5.1). En cualquier caso, interpretando a Echeverría, consideraré que los valores se presencian en las expresiones estimativas y que su significado está condicionado por diversas coyunturas—psicológicas, fisiológicas, etc.—, aunque aquí se prestará atención ante todo a los condicionamientos socioculturales del contexto histórico.

Consideraré los valores, por tanto, como cualidades —o propiedades— que surgen en la interacción entre un sujeto y un objeto, uno que estima y otro que es valorado. La definición responde a una ontología aristotélica, a diferencia del formalismo de Echeverría, pero a mi juicio subyace una idea semejante y con mayor capacidad de aplicación en una narrativa histórica. En base a esta definición, el sujeto evaluador puede ser individual o colectivo, pero ha de ser un sujeto cognoscitivo con capacidad estimativa: no pienso que una roca o una idea pueda evaluar nada, al menos tal y como se conciben corrientemente. El objeto evaluado, en cambio, puede ser una cosa tangible o un constructo —incluidas personas en ambos casos, aunque no entraré aquí en esta cuestión. Se puede evaluar un hecho, un líder científico, un concepto, un fósil, una herramienta de trabajo, un dato, un sentimiento, una teoría científica o una actitud, por ejemplo. Todos ellos pueden considerarse objetos valiosos.

En general entenderé por valor cualquier cualidad estimada positivamente en un contexto específico, pero conviene tener en cuenta que éstas pueden ser desdobladas y ser consideradas desde su contraparte negativa. Estos son los llamados *disvalores*, como podrían ser la “incoherencia”, la “complejidad” o la “infecundidad” a la hora de escoger entre teorías<sup>36</sup>. Aunque mis referencias a estos serán puntuales, la historia axiológica de la ciencia desarrollada en este trabajo bien podría, indistintamente, elaborarse atendiendo esta perspectiva opuesta a lo considerado digno de valor. También cabe hablar de una *jerarquía* axiológica, por otra parte, permitiendo considerar valores mejores o peores —o más o menos valiosos— que otros (Ortega y Gasset 2010 [1947], Frondizi 2001, Echeverría 2002). A veces la “popularidad” de un término, como el Antropoceno, puede ser más estimada por los geólogos que la “prioridad nomenclatural” de otras proposiciones similares surgidas con anterioridad, por ejemplo, sin decir con ello que ambos dejen de entenderse como valores (V.2.2).

Por último, hay otro aspecto al que apunta Echeverría de interés para este trabajo, referente a la distinción entre el valor de la ciencia y los valores de la ciencia:

“Distinguiré entre el valor de la ciencia y los valores de las ciencias. Estos últimos, sean normativos o no, son relevantes en las diversas actividades y prácticas científicas, y varían según las disciplinas y las épocas históricas. La expresión en singular, el valor de la ciencia, resume una creencia profundamente acendrada entre los científicos, y aceptada asimismo por muchos filósofos e historiadores de la ciencia: el conocimiento científico es valioso. [...] Un científico no tiene que creer en los valores que aplica al llevar a cabo una investigación: basta con que los respete y aplique. La creencia en el valor de la ciencia es algo anterior: opera más allá de las normas” (Echeverría 2018, p. 212).

Estoy de acuerdo con esta apreciación. Como se muestra en V.3, por ejemplo, el valor otorgado a los resultados y concepciones de la *Earth System Science* (ESS) es un hecho relevante para comprender la conformación del AWG y gran parte de su discurso científico. Otra cosa es que no se exprese explícitamente en su retórica. Sin embargo, como se verá, siguiendo la noción de valor planteada afirmaré que el “Sistema Tierra” es un objeto valioso para el AWG, lo cual no quiere decir que éste sea un valor en sí mismo. Quiere decir que para que algo sea estimado positivamente, es necesaria la satisfacción de una serie de cualidades relacionales entre los miembros del colectivo y el objeto en sí. Estos son valores, aunque se presenten de manera no trivial. El Sistema Tierra, al igual que la ciencia en general, puede ser un objeto valioso porque es coherente, empíricamente contrastable o fecundo, por poner ejemplos de valores epistémicos. También porque su estudio puede implicar valores ecológicos o morales, como la “sostenibilidad medioambiental”, la “biodiversidad”, la “prudencia” o la “responsabilidad”. Pero el objeto no es un valor en sí mismo, esa es la cuestión<sup>37</sup>.

---

<sup>36</sup> El concepto de “disvalor” es de uso común en teoría de los valores (Echeverría 2002). Por ejemplo, Ortega y Gasset aludió a la *polaridad* de los valores, considerando la posibilidad de concebirlos desde una perspectiva tanto positiva como negativa: “Se nos presenta el valor como un carácter [...] consistente en una dignidad positiva o negativa que en el acto de valoración reconocemos” (p. 327).

<sup>37</sup> A este respecto, es destacable la distinción *ser valor* y *tener valor* realizada por Armando Menéndez Viso (2002). Para este autor, “las cosas no son valores”, sino que “adquieren valor en el seno de estructuras complejas” (p. 238). De ahí que argumente a favor de “volver a usar *valor* con *tener*” (p. 236). Su aportación es interesante, aunque se distingue de la ontología relacional que aquí asumo.



## I.4.2. Sistemismo y pluralismo axiológico

Hasta aquí he diferenciado, por tanto, entre *valores epistémicos* —como así los designaron Laudan (1984) y Putnam (2008 [1981]), entre otros— y *valores contextuales* (Longino 1990). Me he referido asimismo a su dinámica interdependiente, cosa que no implica aceptar su independencia de la realidad de los objetos estimados (Kuhn 1982 [1977]). Este planteamiento puede precisarse más, a mi modo de ver, interpretando otros dos sugerentes aspectos de la axiología de Echeverría: el *sistemismo* y el *pluralismo axiológico*.

Esta formulación de Echeverría partió de la crítica a la filosofía teórica de la ciencia predominante en el siglo XX, abogando por el desarrollo de una *filosofía de las prácticas científicas*, espacio donde se instalaría su axiología de la ciencia. La razón, para él, fue clara: la ciencia no se limita a su conocimiento, sino que también implica acciones prácticas, incluidas acciones transformadoras de mundo. En cambio, los filósofos de los que él partió —Kuhn, Laudan o Putnam, entre otros— se centraron en los valores epistémicos, y concretamente en los valores concernientes a la elección de teorías y el cambio científico. Ante este panorama, Echeverría realizó una interpretación de las concepciones pluralistas de autores como Nicholas Rescher (2011 [1999]) o León Olivé (2000), afirmando tajantemente que la ciencia no está guiada única y exclusivamente por valores epistémicos —y mucho menos por un solo valor— sino que en realidad acontece una pluralidad de valores de distintos tipos, que cambian en función del contexto y a lo largo de la historia, y que los científicos tratan de optimizar en tanto que toman decisiones racionales. Así, la axiología del filósofo español se opone al *monismo axiológico*, concibiendo hasta doce modalidades de valor en la actividad científica, abarcando, además de los epistémicos, valores básicos, técnicos, políticos, económicos, morales, ecológicos, sociales, militares, jurídicos, estéticos y religiosos. Todos ellos, en mayor o menor medida, tienen su peso en las acciones acometidas en la práctica científica, sean éstas la elaboración de una hipótesis, el diseño de un experimento o la elección de una línea de investigación determinada.

Como quedará patente en el resto de los capítulos, pienso que la perspectiva pluralista de los valores funciona bien para el estudio axiológico del Antropoceno, en tanto que reducir el mundo de los valores a un solo tipo dificultaría un análisis crítico y pormenorizado. Sin embargo, la crítica que hacía Phyllis Rooney (1992) en torno a la “distinción sustancial” entre valores epistémicos y no epistémicos (I.3.2) merece ser atendida. De ahí que vaya a aceptar que, a pesar de que las acciones científicas nunca involucren un solo valor intrínseco, sino varios que tratan de satisfacerse, todos ellos inciden unos sobre otros conformando un *sistema de valores* (Echeverría 2002, pp. 87-91). A mi modo de ver, adoptar un carácter sistémico —es decir, la aplicación de la teoría general de sistemas al estudio de los valores— se contrapone así al *atomismo axiológico*, permitiendo considerar que los valores se aplican conjuntamente, en vez de separarlos entre sí y asumir que tienen un significado por sí solos.

Interpretando a Echeverría (2002, 2003), este carácter sistémico conlleva considerar que los valores están interrelacionados entre sí: no se puede entender la “coherencia” o la “precisión” a secas, sino en relación con otros valores, también contextuales. Recuérdese cómo Kuhn incidió en ello (I.3.1): valores como la “utilidad” o la “amplitud” pueden entenderse de distinta forma según el momento histórico y la disciplina (Kuhn 1982 [1977]), precisamente porque los valores se correlacionan sin poder aislarse entre sí. Por eso Echeverría alude a los sistemas de valores presentes en la práctica científica, no a conjuntos de valores atómicos. En combinación con la asunción pluralista de los valores, por tanto, el enfoque sistémico resulta ser una apreciación conceptual que rompe con el demarcacionismo establecido entre valores epistémicos, por un lado,

y valores contextuales, por otro. Todos ellos conforman sistemas axiológicos que, de hecho, pueden desglosarse en una pluralidad de subsistemas interactivos. Y como se muestra en los siguientes capítulos, algunos de ellos están muy presentes detrás de la conceptualización del Antropoceno<sup>38</sup>:

- (i) Básicos: alegría, bienestar, capacidad, cordura, creatividad, crecimiento, diversión, felicidad, fertilidad, fortuna, fuerza, gozo, grandeza, interés, madurez, necesidad, normalidad, ociosidad, permanencia, placer, potencia, pulcritud, salud, seguridad, sensatez, seriedad, simpatía, suerte, supervivencia, tiempo, tranquilidad, vida, etc.
- (ii) Epistémicos: adecuación empírica, claridad, coherencia, contrastabilidad, fecundidad, generalidad, ingeniosidad, inteligibilidad, originalidad, precisión, publicidad, repetibilidad, rigor, simplicidad, tolerancia, verdad, verificabilidad, verosimilitud, etc.
- (iii) Técnicos: aplicabilidad, competencia, corrección, durabilidad, eficacia, eficiencia, fiabilidad, flexibilidad, funcionalidad, habilidad, innovación, integrabilidad, rapidez, robustez, sencillez de uso, utilidad, versatilidad, etc.
- (iv) Económicos: beneficio, calidad, comerciabilidad, competitividad, coste, desarrollo, eficacia, eficiencia, libertad, maximización, propiedad, rentabilidad, riqueza, etc.
- (v) Militares: autoridad, deber, disciplina, fidelidad, jerarquía, heroísmo, honor, lealtad, magnanimidad, mando, obediencia, patriotismo, paz, secreto, valentía, victoria, etc.
- (vi) Políticos: autonomía, autoridad, control, democracia, estabilidad, hegemonía, gobernabilidad, igualdad, independencia, justicia, libertad, mayoría, orden, paz, poder, potestad, prudencia, representatividad, respeto, tolerancia, etc.
- (vii) Jurídicos: autonomía, claridad, equidad, formalidad, durabilidad, estabilidad, garantías, imparcialidad, independencia, justicia, legalidad, legitimidad, libertad, publicidad, representatividad, seguridad, transparencia, universalidad, etc.
- (viii) Sociales: antigüedad, cooperación, diligencia, estabilidad, excelencia, éxito, fama, fraternidad, género, igualdad, intimidad, libertad, mérito, nobleza, orden, paz, prestigio, privacidad, profesionalidad, raigambre, reconocimiento, reciprocidad de interacción, seguridad, solidaridad, visibilidad, etc.
- (ix) Ecológicos: biodiversidad, conservación, equilibrio, limpieza —no polución—, minimización —de impactos medioambientales—, renovabilidad, sostenibilidad, etc.
- (x) Religiosos: autoridad, caridad, devoción, divinidad, esperanza, fe, gracia, misterio, piedad, pureza, respeto, sacralidad, sacrificio, salvación, santidad, sobrenaturalidad, etc.
- (xi) Estéticos: armonía, belleza, claridad, corrección, creatividad, deleite, elegancia, equilibrio, gracia, ligereza, pulcritud, originalidad, sencillez, sublimidad, sutileza, etc.
- (xii) Morales: altruismo, amistad, autenticidad, autonomía, benevolencia, bien, bondad, coraje, compasión, deber, desapego, dignidad, diligencia, fidelidad, felicidad,

---

<sup>38</sup> La lista de valores se ha extraído de Echeverría (2003, pp. 243-245), mostrándolos en orden alfabético e introduciendo varios valores presentes en la conceptualización científica del Antropoceno, además de algunos que me han parecido apropiados. Emplearé esta tipología de ahora en adelante, aunque pienso que habría que aclarar algunas cuestiones filosóficas de fondo, como la posible distinción entre valores morales y éticos, valores técnicos y tecnológicos, valores económicos y empresariales, valores ecológicos y naturales, o entre valores religiosos y espirituales. También puede ser comprometido el uso del término “epistémico” para designar una modalidad de valor que en otras ocasiones se han denotado como “cognitivos” (Douglas 2013), “constitutivos” (Longino 1990) o “intelectuales” (Ortega y Gasset 2010 [1947]).

generosidad, gratitud, honestidad, integridad, lealtad, prudencia, respeto, serenidad, sinceridad, sobriedad, solidaridad, tolerancia, veracidad, etc.

Esta enumeración proporciona ejemplos de posibles valores presentes en la práctica científica: no pretende ser una lista cerrada y preestablecida, sino que está abierta a la explicitación y concreción de valores en actividades científicas particulares. Aun así, la distinción que hace Echeverría entre doce subsistemas de valores es útil para el análisis histórico-axiológico del Antropoceno, en tanto que aporta un principio de esclarecimiento en un ámbito de suma complejidad. Muchos de ellos, por supuesto, están estrechamente vinculados: por ejemplo los morales con los religiosos, los ecológicos o los básicos. También permite la consideración de *transvalores*, noción que propongo para comprender la naturaleza transistémica de ciertos valores —como se indica en III.4.3 para el caso de la “utilidad”. Piénsese en la “claridad”, por ejemplo: se trata de un valor susceptible de ser considerado en términos tanto epistémicos como estéticos, morales, jurídicos o técnicos. Cuando se presenta en diversas facetas, con distintos matices pero con un significado común, entonces estaremos ante un transvalor dentro de un mismo sistema axiológico. La constitución del Sistema Tierra como objeto científico, así como la ciencia en general, puede en muchas ocasiones ser considerado un *objeto transvalorado*, puesto que puede estimarse valioso en términos epistémicos, efectivamente, pero también en un sentido económico, ecológico o político, por ejemplo (IV.3). Sean transistémicos o específicos de un subsistema, habría que dilucidar cómo se aplican efectivamente los distintos valores y la jerarquía en que puedan estar dispuestos en cada caso particular, así como las posibles retroalimentaciones internas. A mi juicio, una posible vía para caracterizar dichas interrelaciones entre valores puede darse a través de la distinción entre roles propuesta por Douglas (2009), en la que los valores pueden ejercer un *rol directo* o un *rol indirecto* en la actividad científica. Esta es una distinción frecuentemente utilizada en la actualidad (Reiss y Sprenger 2020), aunque Echeverría ya subrayó una diferenciación similar en otros términos.

Por una parte, según Douglas, los valores ejercen un rol directo en la práctica científica cuando sirven como “razones en sí mismas” para las elecciones que se hacen, tendiendo así una prioridad sobre otro tipo de valores. Por ejemplo: cuando una científica decide llevar a cabo una investigación en particular motivada por un interés social —póngase la elaboración de una nueva vacuna para el SARS-CoV-2, por ejemplo—, su interés por estudiar esa cuestión es el resultado de un juicio de valor donde valores contextuales —sociales, políticos, morales, económicos, etc.— juegan un rol directo en la decisión de iniciar y desarrollar la investigación. Del mismo modo, cuando una científica decide no emplear una metodología particular porque ello causaría un sufrimiento extremo a los primates con los que está experimentando, por ejemplo, los valores morales en relación con los animales desempeñan un papel directo en su decisión de no utilizar ese enfoque metodológico. O lo que es lo mismo: el subsistema de valores morales —en el que se podrían identificar distintos valores, como la “compasión”, la “prudencia”, el “respeto” o la “responsabilidad”— supondría ser prioritario o predominante sobre otros subsistemas de valores, incluidos los valores epistémicos o económicos.

El planteamiento de Douglas es parejo a lo que Echeverría (2002) aborda con la distinción, dentro de un sistema axiológico, entre *valores nucleares* y *valores periféricos* —u orbitales. Para Echeverría, el *núcleo axiológico* estaría compuesto por los valores que ejercen un rol directo en la acción, es decir, cuya satisfacción se considera prioritaria o necesaria para aceptar propuestas, resultados científicos, etc. Por otra parte, los valores periféricos se aplicarían una vez los nucleares están satisfechos, que son aquellos que para Douglas ejercen un rol indirecto. En este último caso,

los valores influirían a la hora de determinar si las pruebas, evidencias empíricas o las razones que la científica tiene para su elección son suficientes —suficientemente sólidas o bien respaldadas—, pero sin ser dichos valores condiciones necesarias en sus determinaciones. De este modo, los valores periféricos ejercen un rol indirecto cuando estos evalúan si las pruebas son suficientes considerando si el riesgo asumido es aceptable. Una científica evaluaría si ese riesgo o incertidumbre es aceptable, por ejemplo, considerando cuáles serían las posibles consecuencias de un error a través de valores no epistémicos, y así sopesar esas consecuencias —como la aceptación de un fármaco en el caso de Rudner (1954) mencionado en el anterior apartado. De esta forma, la función indirecta de valores periféricos se demostraría en la ponderación de las consecuencias del posible error con el fin de evaluar la suficiencia probatoria. Los valores periféricos, así, podrían parecer accesorios en un principio, pero en muchas ocasiones pueden inclinar la balanza en un sentido u otro.

La perspectiva pluralista y sistémica, en definitiva, devendrán instrumentos conceptuales válidos para comprender los distintos roles que ejercen los valores en la actividad del AWG, sean éstos epistémicos, morales, ecológicos, políticos, etc. El marco filosófico de Echeverría es mucho más amplio, en cualquier caso, e incluye otras herramientas que sirven para evaluar formalmente las acciones valorativas en la práctica científica. Lo expuesto hasta ahora, no obstante, basta para comenzar a esclarecer unas bases mínimas a la hora de comprender, con cierto rigor analítico, los valores detrás de la conceptualización y eventual formalización del Antropoceno. Ello no obsta, como se muestra en los dos siguientes subapartados, para que haya otros planteamientos poco convenientes en la obra de Echeverría —al menos para los objetivos aquí planteados.

#### **I.4.3. La tesis de la tecnociencia: ¿una historiografía valiosa?**

La tesis de la tecnociencia asume varias conclusiones a las que Echeverría previamente llegó en trabajos sobre axiología de la ciencia, en especial la consideración de que la actividad científica está regida por una pluralidad de valores, incluidos no epistémicos. Sin embargo, esta tesis cabe diferenciarla respecto a su marco analítico previo, puesto que postula una teoría que trasciende el ámbito de los valores y se instala en el análisis político, sociológico y económico de la historia de la ciencia y la tecnología. Según Echeverría (2003), en el transcurso de la segunda mitad del siglo XX la actividad científica y tecnológica concurren experimentando una simbiosis: la “tecnociencia”<sup>39</sup>, que habría emergido en todos los campos de conocimiento, primero en las tecnologías de computación y ciencias físico-matemáticas, y posteriormente en los campos de la medicina, biología y ciencias sociales. Este proceso se habría desarrollado ante todo en EE. UU., distinguiéndose dos modalidades o etapas:

---

<sup>39</sup> Si bien el término ya había sido utilizado previamente por Bruno Latour en *Science in Action* (1983), éste lo utilizó para evitar la entonces habitual identificación entre ciencia aplicada y tecnología, conforme a su crítica de la distinción interna/externa de la actividad científica. Otro caso es el de Gilbert Hottois, quien empleó la expresión “tecnociencia” para subrayar la convergencia entre ciencia y tecnología y difuminar la frontera entre ambas (Echeverría 2003, pp. 24-25). Junto otros autores que Hottois evoca, Echeverría menciona todos ellos para a continuación distinguirse de ellos y plantear un concepto de tecnociencia diferente, basado en un sistema de rasgos distintivos.

- (i) La macrociencia o *Big Science* sería la primera modalidad de tecnociencia<sup>40</sup>, emergida a partir de la década de 1940 —aunque preludiada en los años 30 por algunas universidades y centros de investigación norteamericanos— y consolidada durante la Guerra Fría. Se caracteriza, entre otras cosas, por un nuevo modo de producción de conocimiento basado en grandes inversiones estatales en investigación básica y apoyo militar, que fueron impulsadas durante la Segunda Guerra Mundial y generalizadas a partir de la década de 1950 —primero en los EE. UU. y poco después en la Unión Soviética. También por la integración de científicos y tecnólogos, el desarrollo simultáneo de tecnologías útiles a nivel económico y militar, la industrialización de la investigación y el diseño de nuevas políticas estatales de I+D. El proyecto ENIAC de la Moore School de Pennsylvania, los *Radiation Laboratory* de Berkeley y MIT, el Proyecto Manhattan o el CERN europeo serían ejemplos representativos de esta modalidad.
  
- (ii) Tras un período de crisis y estancamiento de la *Big Science* entre 1966 y 1977 —en parte debido a la fuerte contestación social ante la macrociencia militarizada—, la tecnociencia propiamente dicha aparecería a finales de la década de 1970, cuando la progresiva capitalización e informatización de la actividad científica supuso la incorporación de agentes privados en la financiación de la investigación, generando empresas con expectativas de innovar y generar beneficio económico. Las *Tecnologías de la Información y la Comunicación* habrían intensificado la convergencia entre ciencia y tecnología, así como laboratorios-red, entrando también en juego nuevas estrategias de marketing y gestión empresarial de un conocimiento que pasaría a convertirse en mercancía. Algunos ejemplos serían el Programa Genoma Humano o el Programa NBIC.

Ambas modalidades habrían provocado un profundo “cambio en la estructura de la actividad científica”, en la que científicos, militares, ingenieros, técnicos, políticos y agentes industriales habrían comenzado a colaborar sistemáticamente en programas de investigación y desarrollo conjuntos. Para ello, las agencias tecnocientíficas serían claves para desplegar dichos programas, pudiendo ser privadas, públicas o mixtas<sup>41</sup>. A menudo la agencia tecnocientífica se presentaría en forma de alianzas y consorcios entre diferentes actores, subordinando los objetivos epistémicos a objetivos sociales, políticos, económicos y militares. Desde el punto de vista axiológico, en particular, la tecnociencia “se distingue de la ciencia y la tecnología por la mayor pluralidad de sistemas de valores involucrados en los procesos de evaluación” (p.154), muchas veces entrando

---

<sup>40</sup> Aunque previamente fue mencionado y utilizado por Alvin Weinberg, el término “Big Science” fue principalmente popularizado por el físico e historiador de la ciencia Derek J. Solla Price (2020 [1963]), argumentando la existencia de cambios profundos dentro de la actividad científica en términos cuantitativos: el personal científico, la literatura producida, o las inversiones económicas a escala nacional e internacional figuraron como indicadores de desarrollo científico que establecían un salto entre la ciencia de los siglos XVII, XVIII y XIX —o *little science*— y la ciencia impulsada a partir del siglo XX. Si bien ha habido debates en torno al carácter evolutivo o revolucionario de estos cambios, y por tanto a la hora de aceptar un cambio cualitativo en el tamaño y ritmo de la ciencia, Echeverría pasó a conceptualizar la macrociencia como “un cambio en la estructura de la actividad tecnocientífica” (Echeverría 2003, p. 11).

<sup>41</sup> Ejemplos de ello serían la *National Science Foundation* (NSF) o la NASA, desarrollando una estructura compleja con distintos tipos de actores y sus respectivos intereses, objetivos y valores (Echeverría 2003).



en conflicto entre sí. Los valores epistémicos habrían de satisfacerse, pero también tendrían que satisfacerse valores técnicos presentes en los desarrollos tecnológicos que genera —o posibilita— la investigación científica, como la “eficiencia”, la “fiabilidad” o la “robustez”. Otro tanto sucedería con valores económicos implícitos en producción de patentes, o valores militares como la “confidencialidad” o la “disciplina” en la organización. Piénsese en el proyecto Manhattan, ejemplo de primera modalidad de tecnociencia: los científicos pretendieron hallar la masa crítica en procesos de fusión nuclear, pero los diseñadores del programa velaron ante todo por la fabricación de un arma de destrucción masiva —guiados por valores militares, como es conocido (Sánchez Ron 1992). Lo mismo podría decirse del proyecto ENIAC, donde el diseño de un ordenador capaz de resolver problemas no lineales estuvo subordinado al cálculo de trayectorias de proyectiles de larga distancia y el impacto de sus explosiones (Echeverría 2003, pp. 63-64).

En el caso de la tecnociencia propiamente dicha, Echeverría concluye que los valores típicamente capitalistas se incorporaron al núcleo axiológico de la actividad tecnocientífica, cosa que la distinguiría de la actividad científica tradicional: “la tecnociencia siempre está guiada por valores económicos, cosa que sólo sucedía ocasionalmente en el caso de la ciencia” (2003, p. 70). A pesar de que los valores tradicionales de la ciencia mantuvieron su peso en la investigación, el valor que adquiere mayor peso pasaría ser la “innovación” tecnológica y la generación de capital económico, junto con valores jurídicos que permitían la gestión de patentes y la utilización de nuevos inventos tecnológicos. También supuso la irrupción de un nuevo sistema de valores: los valores ecológicos, aunque se tratase de “un sistema reactivo a la tecnociencia” (p. 49). Esto se debió, según Echeverría, a que “algunos grandes impactos sobre la biosfera han generado una considerable oposición a la actividad tecnocientífica, en la medida que ésta tiene grandes efectos contaminantes en el medio ambiente natural” (*Ibid.*). Si bien reconoce que la contaminación no surge con la emergencia de la tecnociencia, sino con los efectos de la industrialización, afirma que “algunas tecnociencias (nuevos materiales, alimentos transgénicos, etc.) transforman de tal manera el medio ambiente que tienen impactos sobre grandes zonas del planeta o sobre el conjunto del ecosistema” (*Ibid.*). De ahí que considere los movimientos ecologistas del siglo XX como un resultado de la transformación de la ciencia en tecnociencia, e incluso identifique a organizaciones como *Greenpeace* como un “agente tecnocientífico más, aunque interviene desde fuera del sistema de ciencia y tecnología” (*Ibid.*), en tanto que incorporan tecnologías y conocimientos científicos a su práctica. En parte por ello, Echeverría alude a que muchas empresas tecnocientíficas fueron incorporando valores ecológicos paulatinamente a su actividad, sobre todo por la creciente presión política.

Una idea importante a destacar de su tesis, por otra parte, es su afirmación de que en la actualidad no todo es tecnociencia: hoy coexistiría la práctica científica y la tecnocientífica, en sus dos modalidades. En vez de establecer una definición acotada de la tecnociencia, Echeverría mostró las características que la distinguirían de la ciencia y de la tecnología, pero subrayando que dicha diferenciación era gradual y que para identificarla sería necesario estimar en qué medida una actividad en particular satisface esos rasgos distintivos. Así, la ciencia seguiría desarrollándose en departamentos de universidades, por ejemplo, mientras que la macrociencia estaría representada por centros financiados por los estados —como el CERN— y “la tecnociencia propiamente dicha” por empresas privadas basadas en la explotación del conocimiento científico —como empresas de biotecnología, farmacéuticas o de nanociencia/nanotecnología. Echeverría también hace una breve mención a la transmutación de la geología a la “tecnogeología”, haciendo hincapié en las nuevas capacidades de modelización y simulación computacional disponibles en la práctica geológica, muchas veces en proyectos con aplicación en la industria petrolífera:

“Las nuevas tecnologías de la información y la telecomunicación se utilizan también para la teledetección geológica y para la simulación de los grandes cataclismos que se producen en el globo terrestre: volcanes, terremotos, maremotos, etc. Otro tanto cabe decir de la geología marina, cuyo avance está estrechamente vinculado a las nuevas tecnologías. En conjunto, la tecnogeología se ha desarrollado enormemente en las últimas décadas, lo cual no impide que siga existiendo la geología clásica, basada en los métodos tradicionales de la ciencia. También en este caso cabe distinguir entre geología y tecnogeología, sin perjuicio de que ambas tengan un entronque común, porque la segunda procede de la primera” (p. 87).

En principio, parecería que el análisis de Echeverría pudiera ser sugerente para comprender el cambio axiológico ocasionado en múltiples ciencias de la Tierra —no sólo en geología— durante el siglo XX, en tanto que se cumplen muchos rasgos que él identifica como tecnocientíficos. Iniciativas como el *Año Geofísico Internacional* (IGY) entre 1957 y 1958 (IV.2.1) fueron en gran parte impulsadas dentro de un marco macrocientífico, así como la emergencia ulterior del *Programa Internacional Biosfera-Geosfera* (IGBP) desarrollado en el último cuarto de siglo XX —e impulsado previamente por la NASA. Este programa fue clave para entender el surgimiento del Antropoceno como concepto científico, y donde hubo una clara convergencia de científicos y tecnólogos de diferentes disciplinas, un uso intensivo de tecnologías computacionales, imágenes por satélite, financiación gubernamental, etc. Desde un punto de vista axiológico, los valores ecológicos, sociales, políticos y económicos pasaron a un primer plano en la configuración de las agendas de investigación (IV.3). Y junto con otros macroproyectos de investigación ligados a la comunidad del Cambio Global, se conformó una nueva disciplina: la *Earth System Science* (ESS). Desde 2012, la ESS se implica en programas como *Future Earth*, cuya misión está claramente marcada por el valor de la “interdisciplinaridad” y el abordaje de los desafíos globales en sostenibilidad, incluyendo el desarrollo de nuevas tecnologías y políticas medioambientales (V.4.1). ¿Cabe hablar, por tanto, de una “revolución tecnocientífica” en ciencias de la Tierra? ¿Es la ESS una “tecnociencia de la Tierra”?

Creo que las respuestas a estas preguntas dependen, en el fondo, de los objetivos que tengamos y del tipo de relación deseable entre filosofía e historia de la ciencia. En este caso la respuesta es clara: la tecnociencia es una tesis filosófica de la práctica científico-tecnológica basada en casos históricos limitados, mayormente concentrados en proyectos de aplicación militar y socioeconómica. No se presta atención a la ecología, las ciencias de la sostenibilidad o las ciencias del clima, que experimentaron cambios axiológicos importantes durante el siglo XX y que difieren significativamente de los rasgos típicamente tecnocientíficos, sean en su primera o segunda modalidad. Uno podría identificar características comunes y otras dispares, sin duda, y ulteriormente afirmar que dentro de ellas hay actividades más o menos tecnocientíficas en base al grado de afinidad con los criterios previamente establecidos. Sin embargo, aunque dichos criterios hayan sido inducidos empíricamente —como sostiene Echeverría— creo que este planteamiento sería problemático, en tanto que se partiría de una teoría preestablecida en busca de ser contrastada con casos históricos seleccionados, al menos en parte, de forma arbitraria (I.5).

No es el objeto de mi tesis realizar una crítica exhaustiva a este respecto, pero baste poner como ejemplo el informe que Vannevar Bush presentó al presidente Roosevelt en 1945, el cual es considerado como el texto fundacional de la tecnociencia (Echeverría 2003). En este caso, hay

varios historiadores que afirman que la imbricación entre ciencia, tecnología, industria y ejército ya se había establecido de forma sistemática al menos desde la Primera Guerra Mundial, concretamente en países como Reino Unido (Katzir 2017). Otro tanto sucede con Dominique Pestre (2005), quien afirma que las relaciones entre ciencia, política y economía en realidad son rasgos de la ciencia tradicional desde tiempos de Galileo. Anticipándose a este tipo de críticas, Echeverría ya mencionó que “la atribución de dichos rasgos distintivos será cuestión de grados” y que “lo decisivo es que en la época de la Segunda Guerra Mundial y en los Estados Unidos de América se produjeron todas esas transformaciones a la vez, y a una escala hasta entonces desconocida” (Echeverría 2003, p. 35). De ahí que utilice el concepto de tecnociencia, porque “el alto grado de realización de los seis rasgos distintivos anteriores implica un cambio cuantitativo” (Ibid.). Sin embargo, el mero hecho de basarse en la selección de un conjunto de datos empíricos limitados y de establecer esos criterios y no otros, incluidos aquellos en los que se determina cuándo un cambio cuantitativo pasa a ser un cambio cualitativo, implica un planteamiento “teoría-evidencia” problemático a la hora de conjugar axiología e historia de la ciencia. Todo ello, además, suele incluir una serie de insuficiencias en el tipo de historiografía desarrollada que, como abordaré más adelante (II.2), tienden a simplificar anacrónicamente la historia, por ejemplo al asumir tácitamente un curso teleológico en la narrativa<sup>42</sup>. La historia de la ciencia y la tecnología, así como sus convergencias y transformaciones, son demasiado variadas y complejas como para poder caracterizar históricamente sus actividades en términos tan comprometidos<sup>43</sup>.

#### I.4.4. Naturalización de la axiología e historia de la ciencia

Más recientemente, Echeverría ha dado un paso más promulgado al afirmar que “la filosofía de la ciencia ha de naturalizar su axiología, investigando los valores de la ciencia conforme a métodos científicos” (2018, p. 210)<sup>44</sup>. Con ello ha pretendido establecer una alternativa al normativismo y el teleologismo mencionados en el anterior apartado, proponiendo un estudio de los valores empírico y naturalizado. Echeverría pone en relevancia que los científicos no sólo estiman las teorías, refutándolas, verificándolas o contrastándolas empíricamente. Como ya había indicado Weinberg (1970), previamente escogen unos u otros temas de investigación en función de diversos criterios valorativos. También “sopesan hipótesis, evalúan las observaciones y las mediciones, comparan la fiabilidad de unos datos u otros, proponen demostraciones y argumentaciones más o menos convincentes” y además “están muy atentos a la repercusión y a las posibles aplicaciones que pueden tener los resultados de sus investigaciones” (Echeverría 2018, p. 198), como resulta palpable entre los proponentes del Antropoceno como unidad geológica formal (V.3). Para indagar en la pluralidad de valores subyacente, que de ningún modo se reduce a valores cognitivos o epistémicos, la axiología naturalizada de Echeverría propone partir de investigaciones en historia de la ciencia para tratar de estudiar *a posteriori* las

---

<sup>42</sup> En el caso de Echeverría, esto queda patente con afirmaciones como “la megaciencia fue la precursora de la tecnociencia” (p. 14), o “la incorporación de científicos básicos y en nuevo modelo organizativo lo transformaron en uno de los grandes precursores de la tecnociencia de financiación privada” (p. 76), o la antes mencionada “tecnogeología”, que necesariamente parecería proceder de la geología (p. 87).

<sup>43</sup> Esto no quita que, con una sucesiva subsanación de este tipo de inconveniencias (I.5), la tesis de Echeverría sea perfectamente válida para reflexionar filosóficamente con solvencia y acierto. Yo mismo lo he procurado en otra ocasión empleando su marco conceptual (Granados 2021).

<sup>44</sup> Esta iniciativa se remonta, por lo menos, a su libro *Ciencia del bien y del mal* (2007). Aunque muchas de las ideas que se expondrán a continuación residen en este libro, me referiré a su contribución más reciente (2018), por el hecho de vincular el proyecto con una naturalización de la historia de la ciencia.



modificaciones de los pesos relativos y los incrementos en el grado de satisfacción de un valor en el decurso de la actividad científica. La naturalización del objeto de estudio es clara, como se desprende de las siguientes citas:

“[...] la filosofía de las prácticas científicas es una investigación empírica que ha de estar estrictamente basada en las actividades científicas tal y como éstas suceden” (p. 199).

“[...] al investigar esta dimensión axiológica, los filósofos y los historiadores de la ciencia han de ser capaces de detectarlos empíricamente en las prácticas científicas y, a continuación, analizarlos. Para quienes investigan cómo son las prácticas científicas, y qué valores intervienen en ellas, los valores que se aplican son una *cuestión de hecho*” (p. 207).

“[...] una axiología empírica de la ciencia ha de considerar los actos valorativos como cuestiones de hecho que aparecen en los procesos de evaluación que una y otra vez llevan a cabo los científicos. Una axiología naturalizada considera los juicios de valor que hacen los científicos como hechos, e investiga cómo han llegado a suceder” (p. 211).

Siendo la metodología ante todo empírica y centrada en las actividades evaluativas y en los diversos procesos de evaluación, Echeverría acude a “ejemplos históricos” como el descubrimiento del cálculo diferencial e integral, concretamente en cómo la Royal Society aprobó en 1712 la prioridad temporal de un hallazgo como norma para adjudicar su autoría. Es sabido que dicha norma inclinó la balanza en favor de Newton y en detrimento de Leibniz. La cuestión es interesante en el episodio que aquí atañe, por cierto, en tanto que la adjudicación del Antropoceno como término posible para formalizar una época geológica se defiende en base a una norma análoga (V.3). Según Echeverría, puede indagarse empíricamente en el proceso de deliberación previo a la instauración de la norma, teniendo en cuenta factores como, en su caso, la autoridad de Newton como presidente de la Royal Society, la extranjería de Leibniz y la presencia mayoritaria de “amigos de Newton” en la comisión responsable de la decisión. Estas circunstancias serían hechos históricos “porque así consta en el Dictamen de la Comisión, que fue publicado en 1712 por la Royal Society” (p. 210). Por supuesto, habría que considerar que los científicos se ven influidos por sus propias creencias y por tanto la axiología naturalizada debería atender a posibles valores ocultos no explicitados en la documentación histórica:

“Particular importancia tienen las creencias y valores ocultos, es decir, aquellos que no se expresan como reglas ni como normas, y ni siquiera como criterios explícitos de valoración, pero que sin embargo influyen (a veces mucho) en los procesos de toma de decisiones. La axiología se conecta con la sociología de la ciencia, puesto que aborda la cuestión de los intereses, incluidos los conflictos de intereses” (p. 211).

Este es un punto importante, como se aprecia en el caso del AWG (V.3) y ya adelantó Kuhn (I.4.1). Sin embargo, no queda claro de qué modo puede realizarse esa conexión entre una axiología empírica de los procesos evaluativos de los científicos y las condiciones contextuales que, al menos parcialmente, dan cuenta de la presencia y dinámica de los valores ocultos. A mi

modo de ver, reducir el estudio de los valores al análisis empírico del “contexto de evaluación” supone desatender, de hecho, las claves socioculturales que vinculan a los científicos con su contexto histórico particular, aun cuando dichos condicionantes puedan no estar explícitamente presentes en los procesos de evaluación<sup>45</sup>. En este sentido, es posible que la propuesta de Echeverría pueda en parte verse complementada con el *empirismo contextual* de Longino (1990) que, como he mencionado en el anterior apartado (I.3.2), subraya que las acciones estimativas siempre tienen lugar en un contexto social muy particular, donde los supuestos de fondo tienen una influencia ineludible<sup>46</sup>.

Si bien Echeverría defiende indagar empíricamente un proceso evaluativo a través del análisis de documentos históricos, como puede ser el dictamen de la comisión de la Royal Society, ¿cómo se identifican empíricamente las creencias o valores ocultos, como la creencia tácita en un paradigma u otro? En el caso histórico de las matemáticas planteado por Echeverría, uno podría argumentar que también cabrían examinar, por ejemplo, documentos personales de cada miembro participante en la comisión para tratar de dilucidar cuáles podrían haber sido algunas de las creencias o influyentes o valores que implícitamente podrían haber tenido cierto peso en la decisión. Concordaría con afirmar que dicha información es relevante para trazar un análisis axiológico certero, pero ¿sería eso hacer axiología e historia de la ciencia mediante métodos científicos? A mi modo de ver, creo que hay un problema inherente a la hora de plantear naturalizar de esta manera el objeto y los métodos de la axiología y la historia de la ciencia, y que se relaciona con las trabas del formato “teoría-evidencia” mencionado en el anterior subapartado.

En una famosa conferencia titulada “El objeto de la historia de las ciencias”, Georges Canguilhem (2005 [1968]), autor al que prestaré mayor atención en el próximo capítulo, insistió en que eso no puede ser así: el objeto de la historia de la ciencia es de una naturaleza bien distinta al de las ciencias. Sería una presuposición positivista pensar que las acciones del pasado puedan entenderse “tal cual sucedieron”, como hechos “dados” y listos para poder teorizar sobre ellos. Más bien al contrario, en tanto que el objeto de la historia de la ciencia lo delimita el propio historiador en función de su propia axiología:

“La historia de las ciencias es una toma de conciencia explícita, expuesta como teoría, por el hecho de que las ciencias son discursos críticos y progresivos para la determinación de lo que, en la experiencia, debe ser tenido por real. El objeto de la historia de las ciencias es pues un objeto no dado, un objeto al que el inacabamiento le es esencial. [...] El objeto del historiador de las ciencias no puede ser delimitado sino por una decisión que le asigne su interés y su importancia. Pero él es delimitado, en el fondo, siempre, aun en el caso en el que esta decisión no obedezca sino a una tradición observada sin crítica” (p. 11).

---

<sup>45</sup> Echeverría (1998) distingue cuatro contextos en la actividad científica: el “contexto de educación”, el “contexto de innovación”, el “contexto de aplicación” y el “contexto de evaluación”. Si bien hace hincapié en que los valores están presentes en todos ellos, él subraya que la axiología naturalizada ha de centrarse en los procesos valorativos del contexto de evaluación (2018). Este contexto estaría estrechamente relacionado con el resto y referiría expresamente a aquellas fases de la actividad científica donde se valoran los resultados de un experimento, la aceptación de una teoría, la explotación de una patente, la evaluación docente del conocimiento científico, la elección de una línea de investigación, etc. Por mi parte, yo me refiero al *discurso científico*, que supone una unidad de análisis que difiere de la distinción entre contextos de Echeverría.

<sup>46</sup> En mi caso aludo por varios motivos a la perspectiva sociohistórica de Ludwik Fleck (1986 [1935]), como se indica en el próximo capítulo (II.3.3 y II.5.1).

No profundizaré aquí en el planteamiento de Canguilhem, puesto que queda desarrollado más adelante (II.3.2). La clave a destacar aquí, no obstante, es que para el autor francés “la historia de las ciencias no es una ciencia y su objeto no es un objeto científico” (p. 13). O dicho en clave axiológica: los valores que guían la actividad filosófica e historiográfica no tienen por qué ser los mismos que acontecen en la práctica científica, a pesar de que puedan compartirse algunos de ellos. Sin embargo, al pretender “investigar las relaciones entre la filosofía y la historia de la ciencia desde una perspectiva axiológica” (2018, p. 196), Echeverría lo hace considerando que la filosofía tiene una función y la historia de la ciencia tiene otra. El planteamiento que sigue, entonces, es identificar la historia como una suerte de “laboratorio” o “campo empírico” a partir del cual la axiología pueda proceder *a posteriori*, siempre a través de métodos científicos. Y sin embargo, creo que este es un planteamiento problemático, y que aún queda por ver realizado. Si bien el análisis empírico puede ser una vía de interés, que por cierto asumo plenamente, no es la única posible ni mucho menos. Puede combinarse satisfactoriamente con otras modalidades metodológicas dentro de un marco ecléctico y pluralista —donde no se den posibles antinomias, como estudiar la historicidad de un método científico a través de este mismo.

A mi juicio, la separación de funciones entre filosofía e historia de la ciencia es un presupuesto que ha permeado en la esfera académica de influencia anglosajona, pero son posibles otras maneras de entender las relaciones entre axiología e historia de la ciencia. La Axiología Histórica que propongo pretende, de hecho, hacer ambas cosas al mismo tiempo, tal y como Canguilhem y otros autores franceses lo planteaban a la hora de hacer epistemología: “hacer, en el sentido más operativo del término, historia de las ciencias, es una de las funciones, no la más fácil, de la epistemología filosófica” (Canguilhem 2005 [1968], p.13).

## **I.5. El problema de las relaciones entre axiología e historia de la ciencia**

En el contexto académico de influencia anglosajona, los historiadores y los filósofos de la ciencia han trabajado tradicionalmente con objetivos y perspectivas metodológicas muy diferentes. En términos generales, ambos colectivos han desarrollado actitudes mentales diferentes en base a sus respectivas experiencias de aprendizaje. Bernard Cohen, uno de los historiadores de la ciencia más importantes del siglo XX, expresaba de este modo su visión:

“[...] el trabajo del historiador consiste más bien en sumergirse en las obras de los científicos de épocas anteriores y en sumergirse tanto como para llegar a familiarizarse con la atmósfera y con los problemas de dichas épocas. Sólo así, y no mediante análisis lógico o filosófico anacrónico alguno, puede el historiador llegar a comprender por completo la naturaleza del pensamiento científico del pasado... El objetivo del historiador de la ciencia, a diferencia del del filósofo, no debe ser otro que ver la manera de precisar las circunstancias de alguna etapa del pasado, así como la idiosincrasia del pensamiento de aquel individuo que uno esté estudiando” (Cohen 1979, p. 389).

Por su parte, en su experiencia con estudiantes de ambos bagajes<sup>47</sup>, Thomas Kuhn afirmó que “las profesiones son diferentes y, con toda propiedad, hay que poner en ellas primero cosas primordiales diferentes” (1982 [1977], p. 31). En concordancia con Cohen, Kuhn explicó cómo sus estudiantes en historia de la ciencia tendían a ocuparse “de lo posible y lo general únicamente con respecto a la forma en que habían guiado a los hombres que ellos estudiaban” y que “su interés primordial era el de descubrir lo que cada uno de esos hombres había pensado, cómo había llegado pensarlo, y qué consecuencias había tenido esto para el personaje en cuestión, sus contemporáneos y sus sucesores” (*Ibid.*). Así, el producto de los historiadores de la ciencia sería “una empresa explicativa sin recurrir casi a generalizaciones explícitas” (p. 29). Tales rasgos contrastarían con los trabajos desarrollados por sus estudiantes en filosofía de la ciencia, para quienes “las tareas prioritarias fueron, en primer lugar, la de aislar los elementos capitales de una posición filosófica y, luego, criticarla y desarrollarla” (p.31), tratando “ante todo de llegar a generalizaciones explícitas y especialmente a las que poseen validez universal” (p. 29). Kuhn defendió así cómo filósofos e historiadores estaban condicionados por la propia axiología de sus disciplinas, y aun mostrándose escéptico ante la posibilidad de integrar ambas disciplinas, afirmó que “sólo en el caso de que los filósofos se convirtiesen a la historia o los historiadores a la filosofía, con más trabajo conjunto se produciría una convergencia significativa” (p. 32).

La cuestión resultó ser significativa dado que, con el giro historicista visto en el segundo apartado (I.2), había surgido un famoso debate en torno a la relación que debía o no debía desarrollarse entre historia y filosofía de la ciencia, que hasta el momento trabajaban por separado. Por una parte, estaban los que abogaron por un “matrimonio de conveniencia” (p. ej.: [Hanson 1962](#), [Giere 1973](#)) argumentando que las relaciones entre historia y filosofía de la ciencia eran análogas a la de tantos jóvenes matrimonios producidos por su respectiva infelicidad en los hogares de los padres<sup>48</sup>. Según ellos, convenía que los historiadores y filósofos de la ciencia se emparejasen desde el punto de vista institucional, pero insistiendo en que la relación no tenía una “base conceptual sólida” ([Giere 1973](#)). Por otra parte, hay quienes defendieron un “matrimonio íntimo” entre ambas disciplinas (p. ej.: [McMullin 1976](#), [Burian 1977](#)). Para estos, su relación debía ser necesariamente compleja e interdependiente, en el sentido de que se debían retroalimentar inevitablemente en sus respectivos desarrollos a futuro. Con ello no querían decir que la filosofía siempre requiera referirse explícitamente a la historia o que tuvieran que funcionar bajo un mismo programa de investigación. Lo que querían decir es que ambas podían enriquecerse mutuamente, sin que ello implicase una fusión que desintegrara sus respectivas tradiciones.

La discusión sobre las relaciones entre historia y filosofía de la ciencia —HPS, por sus siglas en inglés— ha seguido hasta nuestros días. Realizar un análisis exhaustivo de las múltiples derivaciones que se debaten actualmente sería interesante, pero me llevaría demasiado lejos. Bastará con analizar algunas de las aportaciones más recientes que muestran por qué el dilema del matrimonio me llevaría, precisamente, demasiado lejos. Estas discusiones me conducen, por el contrario, a optar por un enfoque alternativo a los habitualmente planteados dentro del marco de relaciones entre la “historia de la ciencia”, por un lado, y la “filosofía de la ciencia”, por otro. Y es que la vieja conjunción HPS fue en gran medida producto del giro historicista al que aludí anteriormente (I.2), pero haciendo referencia a formas muy particulares de “integrar” ambas disciplinas. Una clara referencia de ello puede mostrarse a través de [Laudan \(1981, p. 40; \[Laudan\]\(#\)](#)

---

<sup>47</sup> Esta cuestión fue planteada por Thomas Kuhn en la Conferencia Isenberg de la Universidad del Estado de Michigan, el 1 de marzo de 1968. Kuhn recogió el contenido de dicha conferencia en el capítulo “Las relaciones entre la historia y la filosofía de la ciencia” del libro *La tensión esencial* (1982 [1977]).

<sup>48</sup> En la metáfora, los “padres” de la historia y filosofía de la ciencia serían la historia y la filosofía de amplio espectro.

& Laudan 2016), quien distinguió cinco tipos de proyectos que se derivaron del giro historicista y que podríamos distinguir dentro de las primeras fases de la HPS:

- (i) Elaboración de modelos explicativos del cambio científico a la luz de la descripción histórica.
- (ii) Análisis de factores históricos para evaluar teorías científicas y filosóficas.
- (iii) Evaluar filosofías de la ciencia en competencia a través del registro histórico.
- (iv) Elaboración de filosofías de la historia de la ciencia.
- (v) Desarrollo de historias de la metodología científica.

La clasificación de Laudan puede ser criticable, como cualquier otra categoría analítica alternativa que se proponga. Pero muestra que, en cierto sentido, no hubo un giro historicista, sino varios. Unos han tenido mayor predicamento que otros, aunque cada vez hay más autores que aceptan que los logros a la hora de trazar puentes con la historia de la ciencia no han sido los esperados<sup>49</sup>. Como señala Jutta Schickore (2018), los proyectos (i) y (ii) en realidad no implicaron un acercamiento al campo académico de la historia de la ciencia, sino que el objeto de la filosofía de la ciencia siguió siendo el mismo —las teorías científicas, principalmente— pero replanteándolo como un objeto envuelto en un contexto histórico<sup>50</sup>. En el caso de Echeverría, su objeto de estudio no son las teorías o el contenido epistémico de la ciencia, sino ante todo su práctica (1998, 2003, 2018). Este paso es destacable, sin duda, pero a mi modo de ver sigue estando presente el planteamiento de una *teoría general de la actividad científica*, especialmente en su caracterización de la actividad tecnocientífica. Echeverría defiende que la tecnociencia es un “nuevo modo de hacer ciencia” (2003, p. 11), situando su inicio en un momento histórico particular y sosteniendo que “a lo largo del siglo XX se ha producido una profunda revolución en ciencia y tecnología: una revolución tecnocientífica” (p. 23). Esta tesis la contrasta a través de datos empíricos, efectivamente, pero a partir de ellos elabora una teoría que para un historiador resulta problemática. Precisamente, Schickore (2011) ha defendido que la causa principal del fracaso de las relaciones HPS se relaciona con el predominio de este tipo de intentos por parte de los filósofos. Ella pone como ejemplo el “modelo de confrontación” propuesto por Laudan (Laudan & Laudan 2016), que pretende básicamente confrontar análisis filosóficos con datos empíricos, análogamente a muchas ciencias naturales:

---

<sup>49</sup> Según Zammito (2004), uno de los problemas que surgió en estos primeros intentos fue que nunca estuvo del todo claro cuál hubiera sido la aportación que los filósofos podían hacer a los historiadores y, a pesar de las aportaciones de Lakatos o Laudan, tampoco quedaron resueltos los problemas que ellos mismos suscitaron. Además, desde un punto de vista social y disciplinario, otro problema que señala Zammito es que tanto filósofos como historiadores apenas llegaron a experimentar una integración institucional. Por eso afirma que los debates entre matrimonios íntimos o de conveniencia terminaron directamente en un “matrimonio fracasado” (*Ibid.*).

<sup>50</sup> En cambio, el proyecto (iii) fue la única vía que comenzó a considerar la historia de forma crucial, no como una información complementaria a los supuestos filosóficos, sino como fuente determinante a la hora de considerar una u otra interpretación filosófica. Los proyectos del tipo (iv) aluden a la reflexión filosófica de la naturaleza de las explicaciones de nuestro pasado científico. Son proyectos de filosofía de la historia, pero en este caso de filosofía de la historia de la ciencia. Algunas de sus cuestiones versan sobre si se debe tratar la ciencia como una actividad humana, como un logro intelectual o como un sistema de proposiciones. Y en cuanto a los proyectos (v), son investigaciones históricas acerca de la evolución de conceptos metodológicos y doctrinas —asumiendo, como Laudan muestra, que las reglas metodológicas de la ciencia tienen una trayectoria histórica (Laudan & Laudan 2016).

“El problema es el modelo de confrontación, que presenta el análisis filosófico como una práctica análoga a la de las ciencias naturales, como una práctica de construcción de una teoría general, de obtención de datos y de confrontación de la teoría con los datos. Esta representación distorsiona la naturaleza de los análisis de la ciencia” (p. 471).

Según Schickore, este tipo de tentativas —en el que se incluye el planteamiento de Echeverría, a mi juicio— parten de una concepción de la historia y la filosofía de la ciencia como dos disciplinas separadas que pretenden ensamblarse *a posteriori*. Esta es una idea importante a tener en cuenta puesto que, como he subrayado desde el principio, el problema surge en el mundo académico de influencia anglosajona. Y en un contexto donde la historia y filosofía de la ciencia estaban desconectadas, se ha presupuesto que hay una barrera entre ambas disciplinas en el que los filósofos se interesan por estudios históricos, entendiéndolos como una suerte de “campo empírico” para testear sus teorías, y los historiadores asumen acríticamente nociones filosóficas para construir narrativas históricas.

Siguiendo a Richard Burian (2001), esto ha podido darse de varias maneras, desde enfoques que parten de concepciones filosóficas que buscan testearlas en la historia —“top-down”— o enfoques que parten de la historia para interpretar teorías filosóficas —“bottom-up”. Los estudios que asumen una u otra dirección tienen problemas metodológicos a los que enfrentarse. Se trata del “dilema de los estudios de caso” que ya planteó Joseph Pitt hace dos décadas:

“¿Qué se puede obtener recurriendo a los estudios de casos? Considérese este dilema: por un lado, si el caso se selecciona porque ejemplifica una idea filosófica, entonces no está claro que los datos históricos no hayan sido manipulados para ajustarse a la idea. Por otro lado, si se parte de un estudio de caso, no está claro a dónde se puede llegar, ya que no es nada razonable generalizar a partir de un caso o incluso de dos o tres” (Pitt 2001, p. 373).

Como afirma Pitt, si se parte de una concepción filosófica, ¿cómo se justifica que se elija uno u otro caso de estudio histórico? ¿o acaso es aplicable a todos los casos? Y si uno parte de uno o varios casos históricos, ¿por qué justifican una generalización particular? A mi modo de ver, ambas cuestiones ponen en cuestión muchos de los primeros intentos HPS basados en metodologías empíricas, y en particular planteamientos generalistas como la tesis de la tecnociencia. Por eso, Schickore ha sugerido una aproximación hermenéutica, dado que las categorías interpretativas de las que se parten en uno u otro sentido siempre son necesariamente provisionales. Por ello, esta autora busca el equilibrio en un círculo interpretativo:

“Los diagnósticos iniciales del caso—los que identifican partes del registro histórico como dignos de interés filosófico— y los conceptos analíticos provisionales se recomponen de forma gradual hasta que encuentran un equilibrio. Pero caracterizar este ejercicio metacientífico en términos de ‘estudios de caso’ que se ‘confrontan’ con ‘relatos filosóficos generales’ es equívoco” (2011, p. 471).



La idea que hay detrás del planteamiento de Schickore es que historia y filosofía deben retroalimentarse continuamente, sin partir de teorías generales preestablecidas que dificulten una siempre necesaria reinterpretación de los casos. Ella aboga por una óptica hermenéutica, en la que los conceptos y marcos preliminares y los juicios de casos iniciales se modifican y se ajustan hasta que se obtenga un relato convincente. Así, sería una actividad iterativa que busca un equilibrio entre los conceptos filosóficos y las interpretaciones de los casos históricos. Difiere notablemente de la confrontación entre teoría y datos, puesto que para esta autora la filosofía no debe concebirse como una “ciencia de la ciencia”.

Más recientemente, Scholl (2018), si bien está de acuerdo con los planteamientos de Schickore, afirma que eso no deslegitima la aplicación de la metodología de las ciencias empíricas al estudio histórico-filosófico. De hecho, la analogía que hace Schickore supondría ser bastante simplista. Scholl pone el ejemplo de cómo funciona la investigación empírica en biología, en la que se involucran tres operaciones: primero se cogen ejemplos concretos a estudiar, después se articulan descripciones abstractas y finalmente con el enfoque de las descripciones abstractas se exploran más casos concretos. Según él, este proceso ejemplifica un modo de hacer filosofía de la ciencia empírica en la que no se trata de llegar a teorías universales, sino que “el objetivo es saber con qué amplitud, y en qué medida, se aplican ciertas descripciones abstractas a instancias concretas” (2018, p. 237). Según él, esto mitigaría el dilema de los casos de estudios y el supuesto de que no hay historia que no esté cargada de teoría, precisamente porque se abre a ajustar continuamente la teoría en base a la consideración de nuevos datos empíricos. La clave es el carácter iterativo: Schickore lo aborda desde una metodología hermenéutica, mientras que Scholl alude a una metodología más analítica y naturalizada.

En el caso de Echeverría, aunque aún no lo haya mencionado explícitamente, creo que sus tesis podrían mejorarse y evolucionar respondiendo a los problemas antes mencionados por autores como Pitt y Schickore. Siguiendo la coherencia que se desprende de su filosofía, creo que dicha evolución se alinearía con la óptica de Scholl. La razón es clara: su propuesta es naturalizar la axiología “conforme a métodos científicos” (2018, p. 210). Ello no obsta para que el marco conceptual de su axiología de la ciencia siga siendo válido, especialmente si se enmarca en una praxeología de la ciencia basada en investigaciones empíricas, concretamente a través del estudio del desarrollo histórico de las ciencias. Por mi parte, entiendo que aquí no conviene partir de una teoría general acerca de cómo surge, se genera y se justifica el conocimiento, ni tampoco de cómo actividad científica transforma el mundo. También asumo que no hay acceso “puro” posible a su historia con el objetivo de analizar sus valores. Toda historia de la ciencia parte de una perspectiva, como ya subrayó David Hull (1993, p. 472). Y el propio Echeverría también asume que los historiadores poseen su propia axiología (2018). Comparto con él muchos aspectos comunes a otras propuestas naturalizadoras, como la renuncia a cualquier pretensión normativista. Sin embargo, la Axiología Histórica no reduce necesariamente a metodologías científicas preestablecidas. La propuesta que desarrollo asume una óptica que difiere de la tradicional separación disciplinaria entre funciones de la historia y filosofía de la ciencia.

Hay que tener en cuenta que durante los últimos años han surgido proyectos que han renovado las relaciones y que pretenden establecer una *Integrated History and Philosophy of Science* (iHPS), en la que se encuentran proyectos que tratan de simultanear historia y filosofía desde perspectivas significativamente distintas al anterior paradigma HPS (Domski & Dickson 2010, Stadler 2017, Herring et al. 2019). La iHPS es un campo emergente, puesto que no se trata de una mera inclusión de reflexiones filosóficas en la historia de la ciencia, ni tampoco es filosofía de la ciencia basada en “ejemplos históricos”. La idea fundamental que persiguen es avanzar en ambas

dualmente, y para ello están mostrando avances en historia y filosofía de la física, biología, economía, evolución extendida e historia del conocimiento. De los muchos autores involucrados en esta tendencia, entre los cuales puede incluirse a la ya mencionada Jutta Schickore, aquí destacaré el trabajo de Hasok Chang (2011), puesto que su perspectiva es fecunda para comprender el rol concebido para el análisis filosófico en el desarrollo histórico de los valores.

Según Chang (2011), la relación entre historia y filosofía de la ciencia no debería entenderse como una relación entre lo general y lo particular, como he venido argumentando, sino de una manera diferente: entre lo abstracto y concreto. No se trata de establecer teorías generales y particularizarlas en casos históricos, ni viceversa. Se trata de comprender que para narrar cualquier episodio histórico *concreto* se necesita utilizar un marco de ideas *abstracto*. No se puede comprender las acciones científicas, y mucho menos evaluarlas, sin considerar términos teóricos como “confirmación”, “medida”, “explicación”, “simple”, “novedoso”, “guiado por la curiosidad”, “colectivo”, “honesto”, “abierto de mente”, etc. (*Ibid.*, p. 110). Cualquier relato histórico requiere del uso de este tipo de nociones abstractas para caracterizar los hechos, personajes, circunstancias y decisiones relevantes. Por supuesto, tal es el caso cuando se abordan nociones como “valor”, “objetivo”, “normas”, “reglas”, “virtudes”, etc., en una narrativa histórica. Ese es precisamente la función de la dimensión filosófica de la Axiología Histórica: no tratar de desarrollar una teoría general de los valores en la historia de la ciencia, sino de articular conceptos coherentes que ayuden a desarrollar una narrativa histórica sin demasiadas incoherencias o inverosimilitudes filosóficas. La diferencia es sutil, pero importante. Chang explica la distinción a través de la siguiente metáfora:

“Cuando vemos un episodio de *Los Simpson*, o *Buffy, la cazavampiros*, o lo que sea, el episodio no es realmente un caso o un ejemplo de cualquiera que sea la idea general del programa. Más bien, el episodio es una instanciación concreta de los conceptos generales (los personajes, el escenario, el tipo de eventos que se esperan, etc.), y cada episodio también contribuye a la articulación de los conceptos generales” (Chang 2011, pp. 110-111).

La analogía puede tener sus defectos, ciertamente, pero expresa una idea relevante para comprender la relación entre episodios históricos concretos y concepciones filosóficas abstractas. Por una parte, muestra cómo hacer historia de la ciencia puede ayudar a filosofar sin caer en inducciones con pretensiones demasiado universalistas. Y a la inversa, puesto que se trata de una dinámica circular: un marco filosófico generado a partir de un episodio histórico puede ayudar a comprender otros episodios históricos. Chang, por ejemplo, empleó el marco de Kuhn para comprender la revolución química desde un punto axiológico. Su marco estuvo, obviamente, limitado a la concepción de los valores epistémicos propuestos por éste (I.3.1), pero con ellos explica por qué el conflicto entre la teoría del flogisto y la del oxígeno fue tan complicada de resolver y por qué la primera siguió vigente hasta principios del siglo XIX (*Ibid.*, pp. 116-121). Desde mi punto de vista, la contribución de Chang pone de manifiesto la utilidad historiográfica de los valores epistémicos como noción, en tanto que sobre esa base y otras herramientas filosóficas ha sido capaz de reconstruir el complejo panorama epistémico de la química de finales del siglo XVIII, ofrecer un relato bien equilibrado de los enfoques en conflicto y presentar con justicia y sus méritos la historia de los perdedores. Similar a ello es, pues, el propósito de la presente tesis con el estudio histórico del Antropoceno.



En cualquier caso, la relación entre historia y filosofía de la ciencia es más amplia compleja que las referencias del mundo angloparlante. De hecho, sus relaciones pueden verse de forma muy diferente si uno no ve dos disciplinas culturalmente separadas, que es lo ocurre cuando uno las observa con lentes típicamente anglosajonas. Como ha mostrado recientemente Matteo Vagelli (2019), la *Épistémologie Historique* francesa recoge un conjunto de programas que ya combinaban filosofía e historia de la ciencia desde finales del siglo XIX, a los que también hay que añadir aportaciones singulares como la de Ludwik Fleck. Abordaré estas cuestiones en el **Capítulo II**. Baste concluir este apartado reafirmando la idea central que se desprende de él: partir de un orden conceptual permite interpretar la historia de los valores generando una historiografía filosóficamente robusta, donde el concepto de “valor”, por ejemplo, pueda ser una categoría historiográfica un tanto confusa entre historiadores. No se trata, por tanto, de elaborar una teoría general a la espera de ser contrastada con casos históricos arbitrariamente seleccionados. Tampoco se trata de inducir teorías universales en base a un número de datos históricos limitados, como parece que es el caso de la tecnociencia. Se trata de emplear un marco filosófico coherente como un recurso interpretativo en cuestiones de alta complejidad.

## **I.6. Recapitulación**

La axiología de la ciencia es la rama de la filosofía de la ciencia que estudia la naturaleza de sus valores y juicios valorativos. Ahora bien: existen muchos modos posibles de enfocar un estudio filosófico de los valores en la actividad científica. Uno de ellos podría darse a partir de las asunciones y principios de la concepción heredada, entre los cuales cabría afirmar que los valores sólo están presentes en el contexto de descubrimiento, puesto que la ciencia ofrece una descripción objetiva, racional y verdadera de la realidad. La racionalidad científica del AWG sería ahistórica y, a lo sumo, cabría estudiar la estructura del conocimiento producido, sin necesidad de tener en cuenta la naturaleza del sujeto productor. Bien es sabido, sin embargo, cómo el *giro historicista* en filosofía de la ciencia puso en entredicho los presupuestos básicos de positivistas y popperianos: el estudio de la evolución histórica de la ciencia pasó a ser una condición necesaria para cualquier estudio filosófico de la ciencia. También axiológico.

En la actualidad, está ampliamente asumido entre filósofos e historiadores que no hay neutralidad axiológica posible en la práctica científica, y tampoco en sus productos cognitivos. Suele aceptarse que la racionalidad, de hecho, debe comprenderse históricamente y cargada de valores. Al principio, la consideración de estos se redujo a la aceptación de valores epistémicos o “cánones de inferencia”, a través de los cuales las científicas examinan las evidencias y su relación con el pensamiento teórico. Thomas Kuhn (1982 [1977]), por ejemplo, definió una lista preliminar de valores epistémicos permanentes en la elección de teorías, aplicables también a la elección de conceptos científicos y unidades estratigráficas: “precisión”, “coherencia”, “amplitud”, “simplicidad”, “fecundidad” y “utilidad”. La presencia de dichos valores, sin embargo, no excluye que éstos se entiendan de distinta forma según las circunstancias del momento o la disciplina donde se apliquen. De ahí que subrayara la importancia de estudiar la dimensión histórica de los valores, así como su dinámica y transferencia entre distintas comunidades. Por su parte, los valores no epistémicos —sean éstos sociales, morales, políticos, económicos, etc.— solían considerarse sólo en la dimensión “externa” a la ciencia, como la elección de una línea de investigación o las metodologías que podían emplearse desde el punto de vista ético. Ese es, por cierto, el ideal de la ciencia *value-free* contemporáneo, donde se admite la no neutralidad

axiológica de la ciencia, pero a continuación se separa el ámbito cognitivo o intelectual del contexto histórico donde se imbrica.

Mi posición a este respecto es clara: está bien *distinguir* entre valores epistémicos y valores contextuales por razones meramente analíticas, pero ello no implica aceptar que en la práctica estén *separados*. Otro tanto cabe decir con la distinción de etapas o fases en la actividad científica para afirmar a continuación que hay valores que sólo afectan en la elección de líneas de investigación y no en la recopilación de evidencias. Si uno atiende al desarrollo histórico de la ciencia, es difícil comprender la dimensión estimativa de los científicos —y del ser humano, en general— de forma compartimentada, o sea, como si la actividad cognitiva no estuviera inevitablemente embebida en un contexto condicionado por valores sociales, religiosos, morales o políticos. Sin embargo, el ideal de una ciencia libre de valores siguió latente, como es sabido, en autores como Larry Laudan (1984). No hay duda de que los valores epistémicos suelen tener una prioridad e importancia ineludible en la investigación científica, pero relegar *a priori* su vinculación con el resto de los valores fuera del estudio axiológico es un riesgo que por mi parte prefiero evitar. De hecho, otros autores como Richard Rudner (1954), Helen Longino (1990), Heather Douglas (2006) o Kevin Elliott (2017) dan buena cuenta de cómo todo el proceso de conceptualización, recopilación e interpretación de evidencias suele estar tan entrelazado con valores contextuales que hacen que cualquier separación carezca de sentido.

En este marco de discusiones, creo que parte del marco teórico en axiología de Echeverría (2002, 2003, 2018) aporta una perspectiva conceptual versátil para dotar de unas herramientas filosóficas prácticas para mi tesis, sin perjuicio de que algunas de sus propuestas sean susceptibles de crítica:

- (i) En primer lugar, no hay que confundir los valores con reglas, normas u objetivos científicos. Las prácticas científicas están sujetas a ellas, por ejemplo a normas económicas, epistémicas, políticas, morales, administrativas y jurídicas. A todas ellas subyacen valores, pero en la práctica científica hay muchos otros que no están explícitamente expresados en normas u objetivos, como los que llevan a los científicos a optar por una línea de investigación u otra o el uso de determinado lenguaje en lugar de otro. Tampoco son virtudes, principios o pautas de comportamiento ético. El mundo de los valores no se restringe al ámbito de la moralidad, sino que trata de dilucidar qué se estima digno de valor en cada acción científica.
- (ii) En segundo lugar, conviene adoptar una concepción pluralista y sistémica de los valores. Aquello que se estima valioso no cabe reducirlo a un solo valor o ámbito en concreto, como la “verdad” o la elección de una teoría. Pueden distinguirse valores de al menos doce tipos distintos: básicos, epistémicos, técnicos, económicos, políticos, ecológicos, jurídicos, militares, religiosos, sociales, estéticos y morales. Ello no implica que todos ellos estén siempre presentes, sino que se trata de una lista abierta a la concreción en episodios históricos específicos. Lo importante es que conforman un sistema de valores: no pueden concebirse como valores atómicos que no tienen relación entre sí. La concepción sistémica de los valores permite entender la dimensión evaluativa en clave holística, sin perjuicio de que puedan distinguirse diferentes modalidades de valor.

Ambas apreciaciones aportan, a mi juicio, un cierto orden conceptual y claridad analítica a la hora de concebir posibles valores en la conceptualización del Antropoceno. Por mi parte, además, he precisado una noción de “valor” compatible con las mencionadas caracterizaciones y coherente con lo suscitado por la investigación histórica: un valor es una *cualidad relacional entre un objeto estimado y un sujeto estimador que surge en un determinado contexto sociohistórico*. Sean éstos epistémicos o contextuales, lo que muchos autores tratan de dilucidar es qué roles pueden adoptar éstos y cuándo las incursiones de valores contextuales pueden considerarse legítimas o no. La Axiología Histórica, por su parte, no pretende ser normativa. Sí pretende dar cuenta de los valores que, muchas veces de forma no trivial, están presentes en el quehacer científico. En este sentido, Douglas (2009, 2016) distingue entre el *rol directo* y el *rol indirecto* que pueden ejercer los valores, lo cual será útil para analizar el Antropoceno. Valores como la “utilidad” o la “popularidad” en el estudio científico de la Tierra ejercerían un rol directo a la hora de determinar qué propuesta de formalización se decide investigar en un momento histórico particular. Un rol indirecto de esos valores, por otra parte, referiría al momento de determinar si las evidencias empíricas recopiladas son suficientes para poder establecer un límite estratigráfico convincente para la posible época geológica. Aquí es donde los valores contextuales podrían ejercer un rol indirecto: los geólogos, además de satisfacer unos valores epistémicos mínimos, también sopesan las causas y las consecuencias de una decisión científica. Y estos pueden inclinar la decisión final.

Hay muchos estudios en filosofía que muestran este fenómeno en distintas casuísticas. Sin embargo, aún no hay ningún estudio del Antropoceno desde un punto de vista estrictamente axiológico. El caso merece especial atención, puesto que las repercusiones epistémicas, políticas y ecológicas pueden ser notables en un futuro inminente. Para abordar esta tarea, este primer capítulo ha abordado algunas de las principales cuestiones tratadas en axiología de la ciencia dentro del contexto académico anglosajón. En esta esfera de influencia, el marco interpretativo de Echeverría constituye una base analítica coherente, pero ello no obsta para que difiera significativamente en los modos en los que se plantea la relación entre axiología e historia de la ciencia. En particular, la *tesis de la tecnociencia* (2003) es un ejemplo del problema inherente a concebir la historia de la ciencia como un campo empírico a partir del cual la filosofía puede establecer teorías generales de la ciencia, en este caso de su práctica. El formato “teoría-evidencia”, frecuentemente aplicado en la anglosfera académica, suele presentar importantes insuficiencias historiográficas que conviene evitar (Pitt 2001, Schickore 2018). Tampoco estoy de acuerdo, por otra parte, con naturalizar la axiología y la historia de la ciencia. No pienso que el estudio histórico de los valores deba restringirse necesariamente a métodos científicos predefinidos, sea lo que fuere que se entienda con ello, ni tampoco reducir la historia a un “laboratorio” de análisis de procesos evaluativos y hechos históricos “dados”. La Axiología Histórica no parte de ellos, sino que los reconstruye a través de la investigación histórica del entorno social y cultural, su propia historiografía y la constitución de un objeto que no es científico, sino histórico (Canguilhem 2005 [1968]). Concebir la función de la axiología por un lado, y de la historia de la ciencia por otro, es un síntoma heredero de una separación cultural entre funciones disciplinarias que puede ser cuestionado.

Dadas las primeras limitaciones en relacionar filosofía e historia de la ciencia, la Axiología Histórica aquí propuesta pretende ser integrativa, puesto que genera un espacio de comprensión que imbrica axiología e historia simultáneamente. Este capítulo se ha aproximado a su dimensión filosófica de los valores, y el **Capítulo II** versará sobre su dimensión historiográfica, además de cubrir los aspectos sociales que varios axiólogos han descuidado. Una primera conclusión es la siguiente: la axiología no debería pretender elaborar teorías universalistas de la ciencia a partir de un número limitado de casos históricos, sino articular un orden conceptual que permita construir

narrativas históricas sin incoherencias o inverosimilitudes filosóficas. Ésa es la función de la componente filosófica de la Axiología Histórica: dotar de herramientas interpretativas que sean de utilidad historiográfica, siempre provisionales y abiertas a la remodelación que pudiera suscitar la investigación histórica.



## CAPÍTULO II. Historiografías del Antropoceno: de la Epistemología Histórica a la Axiología Histórica

### II.1. Introducción

Una vez puestas de manifiesto algunas de las claves e inconveniencias que suscita la filosofía de la ciencia en el estudio de los valores detrás del Antropoceno geológico, en este segundo capítulo pasaré a abordar algunas contribuciones a este mismo respecto desde la historia de la ciencia como disciplina académica. Estas servirán para reafirmar y ampliar algunas de las nociones ya discutidas en el primer capítulo, aunque mi objetivo aquí es ante todo justificar el carácter y orientación general de la historiografía desarrollada en próximos capítulos<sup>51</sup>. Ésta puede considerarse como una narrativa crítica con los discursos científicos dominantes en el presente a través del análisis retrospectivo y comparado de los valores que, precisamente, permiten dar cuenta de por qué dichas visiones preponderan sobre otras en la actualidad. Debemos tener en cuenta, primeramente, que el tipo de relatos que prevalecen hoy en torno al Antropoceno están mayoritariamente rubricadas por un teleologismo anacrónico derivado del propio discurso científico. Y quizás porque el Antropoceno no sea aún una época geológica, a fin de cuentas, la historia de la ciencia ha prestado poca atención a este asunto. De ahí que resulte especialmente pertinente elaborar una historiografía alternativa a las asunciones y orientaciones del *whiggismo* imperante, disposición que argumentaré en el primer apartado (II.2).

Como se ha visto en el primer capítulo, a partir de Kuhn empezaron a surgir nuevos departamentos en los países anglosajones bajo el rótulo *History and Philosophy of Science* (HPS), y hubo numerosos intentos de compaginar la investigación histórica con la reflexión filosófica de la ciencia. La relación entre filósofos e historiadores, sin embargo, no fue por el camino que hubiera sido deseable para varios de ellos. Para muchos la discusión entre el “matrimonio íntimo” o el “matrimonio de conveniencia” acabó en un auténtico divorcio, en parte por los rasgos aparentemente incompatibles que subyacen a las orientaciones disciplinarias del mundo anglosajón. Sin embargo, los historiadores de la ciencia también experimentaron su propio acercamiento a cuestiones filosóficas, especialmente en el ámbito continental y con la influencia de autores como Gaston Bachelard, George Canguilhem o Ludwik Fleck —para quienes, como se verá, la idea de una filosofía sin historia era inconcebible *ab initio* (II.3). La historia relegada a la descripción cronológica y triunfalista de la ciencia —típicamente positivista— dio paso a trabajos historiográficos más plurales, críticos y filosóficamente fecundos. Algunos autores aluden a una convergencia gradual entre historiadores y filósofos de la ciencia que ha derivado en lo que hoy suele conocerse como “Epistemología Histórica” (Rheinberger 2010), cuestión ésta que abordaré con especial detenimiento (II.4).

A diferencia de las filosofías historicistas de la ciencia, la Epistemología Histórica engloba una serie de trabajos desarrollados predominantemente por historiadores, sobre todo en el ámbito alemán ligado al *Max Planck Institute for History of Science* (MPIWG), fundado en 1994 (Feest & Sturm 2011). Para situar los posibles comienzos del tipo de historiografías que estos

---

<sup>51</sup> El término “historiografía” lo emplearé indistintamente en un sentido general y particular. Por una parte, denominaré historiografía al estudio general de los métodos y enfoques empleados en la historia como disciplina académica. Por otra parte, utilizaré el término para referirme al tipo de escritura de la historia desarrollada por un autor o colectivo en particular.

desarrollan, es habitual remontarse a la academia francesa de finales del siglo XIX, concretamente a la *Épistémologie Historique* desarrollada en el siglo XX por filósofos e historiadores como Bachelard y Canguilhem. A mi modo de ver, el carácter reflexivo y retrospectivo de las obras de estos autores difiere significativamente del presentismo positivista de las narrativas predominantes en torno al Antropoceno científico y, en este sentido, son relevantes para destacar el interés por adoptar una óptica presentista alternativa. Algo similar ocurre con la aportación pionera de Ludwik Fleck (1986 [1935]), quien subrayó la importancia de atender comparativamente la génesis y desarrollo de los hechos científicos, siempre atendiendo a su dimensión histórica y social. La recopilación de evidencias empíricas que respaldan la formalización del Antropoceno es una tarea que se realiza cooperativamente entre personas, las cuales están inmersas en un contexto histórico plagado de ideas, creencias y también de valores, los cuales conviene tener en cuenta a la hora de evaluar cualquier propuesta de formalización geológica. Su teoría de los estilos y colectivos de pensamiento me servirá de inspiración, de hecho, para presentar las “matrices colectivas” como una noción que integra el carácter sistémico y pluralista de los valores con su concreción sociohistórica en un grupo de personas particular.

Tanto el carácter de la epistemología clásica francesa como la teoría comparativa de Fleck son modos de combinar historia y filosofía de la ciencia que difieren de los emergidos dentro del contexto académico anglosajón, y suponen referencias clave para elucidar el carácter meta-histórico de mi propuesta. Ahora bien: ésta no se englobará dentro de la actual categoría denominada “Epistemología Histórica”, a pesar de que bajo su rótulo se inscriban aportaciones de sumo interés. Las “economías morales de la ciencia” de Lorraine Daston (1995), por ejemplo, representan cómo puede abordarse la cuestión de los valores desde la historia de la ciencia. Sin embargo, así como a muchos filósofos se les puede atribuir un uso indebido de la historia, a los historiadores se le puede achacar con frecuencia una utilización un tanto inverosímil e imprecisa de los conceptos que emplean, máxime cuando se trata de una historia orientada a la reflexión filosófica. De ahí que prefiera denominar a mi enfoque como “Axiología Histórica” que, además de utilizar los conceptos ya mencionados de la axiología de la ciencia, incorpora la dimensión social de los valores a su estudio y adopta un *presentismo crítico* en su forma de orientar la historia conceptual del Antropoceno (II.5).

## II.2. Las actuales narrativas teleológicas e internalistas del Antropoceno

El relato histórico predominante hasta el momento acerca del Antropoceno, como concepto científico, está elaborado principalmente por los propios científicos involucrados en su formulación. Un claro ejemplo es el artículo más citado al respecto: “The Anthropocene: conceptual and historical perspectives” (Steffen et al. 2011), en el que sus proponentes iniciales trazan una historia intelectual que pivota en torno al objetivo de mostrar que, efectivamente, hay motivos suficientes para considerar un nuevo tiempo geológico en la historia de la Tierra<sup>52</sup>. Basta atender al *abstract* del artículo para dar cuenta de ello:

---

<sup>52</sup> La autoría del artículo es de Will Steffen, Jaques Grinevald, Paul Crutzen y John McNeill. En el [Capítulo III](#) se ahondará en sus biografías y sus relaciones directas con la proposición del Antropoceno. A fecha de octubre de 2021, la publicación ha sido citada en 2254 ocasiones (Fuente: Google Scholar).

“La repercusión del ser humano en el medio ambiente global es ya tan extensa y activa que puede equipararse a algunas de las grandes fuerzas de la naturaleza en su impacto en el funcionamiento del Sistema Tierra. [...] En este artículo, planteamos los motivos por los que se debe reconocer formalmente el Antropoceno como una nueva época en la historia de la Tierra, sosteniendo que el inicio de la Revolución Industrial en torno a 1800 supone una fecha de comienzo lógica para establecer la nueva época [...]” (Steffen et al. 2011, p. 842).

Como se muestra en IV.3, la proposición y popularización del término Antropoceno surgió en un contexto social y científico muy específico, frecuentemente asociado a la comunidad del Cambio Global<sup>53</sup>. Los autores del artículo, que pertenecen a dicha comunidad, no sólo asumen a priori la carga teórica de su propia concepción científica —como la existencia de un “sistema” denominado “Tierra” o la consideración de un “entorno global”—, sino que trazan una historia del concepto Antropoceno claramente orientada a la justificación y pertinencia de su propuesta científica. En él se mencionan cronológicamente una serie de personas —como Antonio Stoppani, Pierre Teilhard de Chardin o Vladimir Vernadsky— que propusieron términos similares para encapsular ideas afines al Antropoceno, aunque señalando que tales elucubraciones “no son equivalentes al nuevo concepto del Antropoceno” (p. 845), puesto que aparecieron “antes de la emergencia de nuestra conciencia ecológica planetaria moderna” (*Ibid.*). Sin embargo, obsérvese cómo la narrativa se centra en mostrar esos antecedentes como una suerte de “profetas” adelantados a su tiempo que, de alguna manera, predijeron la necesidad de proponer el Antropoceno como una unidad geológica:

“Un libro popular sobre el calentamiento global, publicado en 1992 por Andrew C. Revking, contenía las siguientes *palabras proféticas*: ‘Quizás los científicos de la Tierra del futuro llamarán este nuevo período post-Holoceno por su elemento causante: nosotros. Estamos entrando en una edad que quizás un día pueda referirse como, digamos el Antroceno’” (Steffen et al. 2011, p. 843, las cursivas son mías)

“En retrospectiva, esta línea de pensamiento, incluso antes de la edad de oro de la industrialización occidental y la globalización, puede retrotraerse a destacables *observadores proféticos* y filósofos de la historia de la Tierra” (*Ibid.*, p. 844, las cursivas son mías).

“[...] el concepto de la noösfera fue resultado del encuentro entre tres *grandes mentes proféticas* [...]” (*Ibid.*, las cursivas son mías).

El mismo Paul Crutzen, quien propusiera el término Antropoceno junto con Eugene Stoermer (2000), ya se refirió a varios de sus antecedentes como “precursores” de la comprensión del impacto creciente del género humano en la historia de la Tierra (2002). De hecho, como también ha señalado Hamilton (2016), la existencia de pioneros que vaticinaron la idea que subyace al Antropoceno es palpable en mucha de la literatura historiográfica escrita por químicos, geólogos,

---

<sup>53</sup> La comunidad del Cambio Global es una expresión relativamente reciente usada “para describir a los científicos interdisciplinarios del medio ambiente que se ocupan específicamente de los efectos del cambio climático antropogénico a escala global” (Robin & Steffen 2007, p. 1696).



climatólogos, geoquímicos y otros científicos pertenecientes a la comunidad del Cambio Global. En marzo de 2012, por ejemplo, en una publicación del programa IGBP titulada “Anthropocene: An epoch of our making” se afirma que “el concepto del Antropoceno se ha expresado en la literatura científica desde hace más de un siglo bajo diversas formas” (Syvitsky 2012, p. 321). Esta forma de identificar *a fortiori* a científicos del pasado como “precursores” del Antropoceno puede también leerse en la página web de la Comisión de Estratigrafía y Geocronología de la Unión Internacional de Investigación del Cuaternario:

“A pesar de que el término ‘Antropoceno’ es una invención reciente, *tiene precursores*. El primero fue propuesto por el geólogo italiano Antonio Stoppani, quien reconoció los efectos crecientes que los seres humanos estaban provocando en los sistemas de la Tierra. Él propuso el término la ‘Era del Antropozoico’ para designar el período reciente. Sin embargo, fue ignorado. Otra posible tentativa de términos fue el ‘Psicozoico’, propuesto por el americano Joseph LeConte en 1879, y la ‘Noösfera’ acuñada por este período en 1926 por Vladimir Vernadsky y Pierre Teilhard de Chardin” (citado en Hamilton & Grinevald 2015, p. 2, las cursivas son mías)

La concepción del Antropoceno asentada “a hombros de gigantes”, en tanto que fue pronosticado y anticipado por diversos científicos que fueron ignorados en los siglos XIX y XX, aparece con frecuencia en la historiografía de los científicos (*Ibid.*). Según sus proponentes actuales, la razón por la que dichos “precursores” fracasaron es porque “llegaron demasiado pronto” (Zalasiewicz et al. 2010, p. 2228), dando a entender que el panorama geológico en el siglo XIX y principios del XX resultaba ser demasiado vasto y abstracto como para que las acciones de los seres humanos tuvieran un impacto significativo. Según ellos, había pocos efectos observables de las acciones humanas sobre el medio ambiente, y los que existían se limitaban a lugares concretos sin suponer una tendencia generalizada y evidente. Mencionan que ninguna ciudad, fábrica u otra actividad humana se consideraba lo suficientemente impactante como para alcanzar el nivel de agencia geológica. La idea del Antropoceno, sin embargo, se propuso “en un momento en el que se comprendía que la actividad humana estaba cambiando la Tierra a una escala comparable a la de algunos de los principales acontecimientos del pasado antiguo. Algunos de estos cambios se consideran ahora permanentes, incluso en una escala de tiempo geológica” (*Ibid.*).

La narrativa histórica del Antropoceno como concepto, por otra parte, forma parte de la historiografía desarrollada por los científicos —y académicos afines— vinculados con la comunidad del Cambio Global. De hecho, desde el año 2003 se ha tratado de generar una “auto-historiografía” denotada como *Integrated History and Future of People on Earth* (IHOPE), en la que los historiadores son los científicos y académicos de humanidades que pertenecen a la propia comunidad<sup>54</sup>:

---

<sup>54</sup> La iniciativa IHOPE tuvo su origen en el *International Geosphere-Biosphere Programme* (IGBP), uno de los cuatro programas internacionales de investigación en el cambio medioambiental global (Robin & Steffen 2007), y donde también apareció el término “Antropoceno” formulado por Crutzen en el año 2000 (IV.3.1). Desde entonces, IHOPE se convirtió también en un proyecto compartido con otros programas en investigación del cambio global, como el *International Human Dimensions Programme* (IHDP), que incorporó las dinámicas sociales al estudio del sistema Tierra. Después de que el IGBP y el IHDP se disolvieran en el año 2015, el proyecto IHOPE se consolidó dentro del marco del programa *Future Earth* (IHOPE 2022).

“La historia global se ha convertido en un asunto que atañe a más personas que sólo a los historiadores. [...] ¿Quiénes son estos ‘nuevos historiadores’? La mayoría de ellos se identifican a sí mismos como miembros de la ‘comunidad del Cambio Global’” (Robin & Steffen 2007, p. 1694).

Estos “nuevos historiadores” colaboran en integrar el pasado del Sistema Tierra y la historia de la humanidad “con el objetivo de lograr un futuro justo y sostenible” (IHOPE 2022). Así, es claro y patente que este tipo de historiografías se guía bajo su propia axiología, puesto que la historia la escriben “una coalición de académicos de ciencias y humanidades con las comunidades para facilitar la gestión local pragmática, sostenible y ética, con el fin de diversificar el conocimiento a la hora de gestionar el futuro” (*Ibid.*). Para ello, el tipo de historiografía impulsada por IHOPE está centrada especialmente en la historia medioambiental en la que, reivindicando la idea del Antropoceno, trata de generar una historiografía coherente —y justificativa— con dicha concepción científica:

“El Antropoceno define el trascendental cambio histórico de circunstancias por el que los sistemas biofísicos del planeta ya no son independientes de las acciones de las personas. [...] Las personas han cambiado oficial y geológicamente el curso de la naturaleza a escala global. La idea del Antropoceno reivindica una integración de la historia biofísica y la historia humana, y supone la razón principal por la que la historia de la humanidad en la Tierra se haya convertido en la actividad central de este grupo mayoritariamente científico” (Robin & Steffen 2007, p.1699).

Como es palpable, la asunción de que vivimos en una nueva época geológica se da por sentada dentro del proyecto IHOPE. Para ellos, “esta integración de la historia de la humanidad y del Sistema Tierra es una tarea importante y pertinente” y, en este sentido, el proyecto historiográfico reconoce la tarea de desarrollar “una terminología factible que pueda ser aceptada por académicos de todas las disciplinas” (Costanza et al. 2012, p. 106). Un ejemplo de ello es el caso de la “Gran Aceleración del siglo XX” (Steffen et al. 2007, 2015a; McNeill & Engelke 2016, Head et al. 2021), que refiere a los grandes cambios socioeconómicos acontecidos en muchas sociedades durante el siglo pasado y que se convertiría en uno de los grandes avales del cambio sistémico producido por el ser humano en la Tierra<sup>55</sup>. Como se muestra en el [Capítulo IV](#), ésta y otras

---

<sup>55</sup> Los gráficos de la Gran Aceleración ([ANEXO III](#)) fueron originalmente diseñados y construidos como parte del proyecto de síntesis del programa IGBP entre 1999 y 2003. El proyecto fue inspirado por la propuesta del Antropoceno enunciada por Crutzen, vicepresidente del IGBP. Este había sugerido que el inicio del Antropoceno podía establecerse a finales del siglo XVIII con la revolución industrial y la invención de la máquina de valor por James Watt en 1784. Como parte del proyecto, el equipo de síntesis quiso construir de forma más sistemática un panorama de los cambios ocasionados en el Sistema Tierra por el ser humano, teniendo como principal referencia los resultados del trabajo del IGBP y la propuesta de Crutzen (Steffen et al. 2015a). La idea era rastrear la trayectoria de la actividad humana a través de una serie de indicadores y, a continuación, compararlos con los indicadores claves de la estructura y funcionamiento del Sistema Tierra. Desde su primera publicación en 2004, la Gran Aceleración se ha convertido en un símbolo icónico del Antropoceno (*Ibid.*). De hecho, como se muestra en [III.2](#) y [V.3](#), sus

expresiones, como el propio Antropoceno, han ido conformando un imaginario de ideas que dotan de coherencia a los proyectos ligados a la comunidad del Cambio Global y legitiman la actividad de la recientemente constituida *Earth System Science* (ESS) (Steffen et al. 2007, 2020).

En lo que a la narrativa histórica se refiere, Uhrqvist y Linnér (2015) han apuntado que los autores asociados a la comunidad de Cambio Global no desarrollan una historiografía crítica y reflexiva, sino que elaboran una narrativa como vía para contextualizar y legitimar nuevos modos de investigación. Según estos autores, sus limitaciones se hacen visibles cuando se “auto-atribuyen” la agencia y liderazgo del cambio histórico hacia la sostenibilidad global a miembros de la propia comunidad, especialmente a “científicos atrevidos y visionarios” (p. 164) que se han ido comprometiendo durante el siglo XX con una visión integradora de disciplinas en pos de un mundo más sostenible. Así, las primeras “auto-historias” que apoyaron la investigación sobre el cambio global transmiten “una historia idealista de colaboración científica internacional, desprovista de intereses políticos y con la ciencia salvando las divisiones geopolíticas de la Guerra Fría” (p. 165). A través de una retórica de hazañas pioneras y exploración científica, el programa IGBP se presentó, por ejemplo, como una oportunidad para que la ciencia diera un paso decisivo hacia delante en la comprensión de la Tierra. Baste evocar el prefacio de uno de los primeros simposios que impulsaron la agenda del Cambio Global en 1985:

“Sobre los hombros de nuestros predecesores, en el umbral de una revolución de proporciones históricas en la comprensión humana [...] Aparentemente, estamos en el prelude del desarrollo de un nuevo paradigma” (Malone 1985, p. xiii).

Según Uhrqvist y Linnér (2015), sus narrativas han ido variando en función de la incorporación de otros actores en la búsqueda de transiciones sostenibles, como científicos de otras ramas y políticos medioambientales. En torno al año 2000, que es cuando se enuncia el término Antropoceno por vez primera (Crutzen & Stoermer 2000), comenzó de hecho una nueva narrativa no tanto focalizada en los éxitos científicos del pasado, sino en un relato pivotado en torno a las características y posibles futuros del medio ambiente global. Ese es precisamente el origen de la iniciativa IHOPE.

Por otro lado, ocurre algo similar con la historiografía conceptual del Antropoceno desarrollada por el AWG, que son quienes están trabajando en la recopilación de evidencias estratigráficas para formalizarlo. En un artículo titulado “History of the Anthropocene Concept” (Grinevald et al. 2019), publicado como parte del libro *The Anthropocene as a Geological Time Unit: A Guide to the Scientific Evidence and Current Debate* (Zalasiewicz et al. 2019), desarrollan una cronología intelectual del Antropoceno como concepto científico<sup>56</sup>. En esta narrativa se describen diferentes términos más o menos similares que han aparecido a lo largo de la historia, pero todo ello orientado a la justificación de su trabajo de investigación, cuyo objetivo es presentar una propuesta de formalización un Antropoceno “útil” para la ciencia (Vidas et al. 2019). En sus propias palabras:

---

gráficos han jugado un rol central en la discusión en torno a la formalización del Antropoceno por parte del AWG.

<sup>56</sup> En este artículo es destacable la co-autoría entre geólogos —Jan Zalasiewicz y Colin P. Summerhues—, uno de los líderes de la ESS —Will Steffen—, un historiador medioambiental —John R. McNeill— y dos historiadores de la ciencia —Naomi Oreskes y Jacques Grinevald.

“Aquí introducimos el concepto del Antropoceno como posible unidad de tiempo geológico, señalando también que hubo antecedentes que fueron presentados esporádicamente en publicaciones previas a su aparición efectiva con Paul Crutzen en el año 2000. [...] [nosotros] demostramos hasta qué punto el término tiene utilidad práctica en el campo de la geología, en las ciencias naturales en general y en la comunidad académica más amplia” (Zalasiewicz et al. 2019, p. 1).

Como muestro en el [Capítulo III](#), esta propuesta está directamente vinculada con el previo impulso del término “Antropoceno” por parte de la ESS y la comunidad del Cambio Global. En cualquier caso, el tipo de historiografía que desarrollan se basa en el relato cronológico de distintos términos que han desembocado en la propuesta de formalización de cuyo trabajo forma parte. A pesar de que sean palpables algunas matizaciones con respecto a publicaciones previas —como la sustitución de la palabra “precursor” por “antecedente”—, pienso que este tipo de narrativas teleológicas, junto con la anteriormente citada IHOPE, suponen a menudo lo que se conoce como historiografía *whig*: un tipo de presentismo anacrónico que, por mi parte, evitaré a la hora de estudiar históricamente la axiología subyacente en la formalización del Antropoceno.

Como es sabido, el *whiggismo* fue predominante en las historiografías de la ciencia hasta mediados del siglo XX y que, tal y como indica Rob Iliffe (2008), fue desarrollado a través de aportaciones individuales como las de William Whewell, Pierre Duhem, Marcellin Berthelot, J.E. Deyer, Ernst Mach o Henri Poincaré. A mi modo de ver, sus aportaciones pueden recordar, en cierta medida, a las que se están elaborando actualmente alrededor del Antropoceno, así como en el conjunto del proyecto IHOPE, en tanto que también eran mayoritariamente elaboradas por los propios científicos y respondían al canon positivista que defendía una visión triunfalista y progresiva de la ciencia. Las historias *whig* o teleológicas —puesto que están orientadas a un fin particular— tendían a catalogar los actores históricos como “buenos” o “malos” en función de la visión de lo que es correcto o aceptado en el contexto en el que la historia se escribía.

Entrados en el siglo XX, no obstante, las tendencias historiográficas de la ciencia empezaron a evolucionar. En primer lugar, la institucionalización de la historia de la ciencia como disciplina produjo la aparición de historiadores profesionales de la ciencia<sup>57</sup>. Al principio, éstos comenzaron su andadura en un contexto dominado por el modernismo teleológico y la importancia conferida a estudiar la Revolución Científica del siglo XVII (Daston 2001, 2017). Un tipo de historiografía que, a mi modo de ver, comparte rasgos con la de los “nuevos historiadores” que reescriben teleológicamente la historia ambiental del siglo XX bajo la óptica del Antropoceno y la Gran Aceleración del siglo XX (Urqvist & Linnér 2015). Por ejemplo, entre 1920 y 1960 fueron numerosos los títulos con un sentido teleológico comparable, como “Science and The Modern World” de Alfred Whitehead (2008 [1925]), sólo con alguna excepción como “The Origins of Modern Science, 1300-1800” de Herbert Butterfield (1997 [1949]). Según Daston, la razón de ello fue simple pero poderosa:

---

<sup>57</sup> Los relatos históricos de la ciencia son casi tan antiguos como la propia práctica científica a la que se refieren, pero la historia de la ciencia como disciplina académica —con sus respectivas sociedades y revistas especializadas— tiene apenas un siglo: se estableció en departamentos, centros y programas universitarios de Europa y América del Norte en las décadas de 1950 y 1960 (Daston 2001; 2017, pp. 132-142). En la academia anglosajona vino impulsada a través de George Sarton, a menudo referido como el “padre de la historia de la ciencia” (Garfield 1985).

“La razón era simple y, a juzgar por las cantidades impresas y traducciones llevadas a cabo por todo el mundo de esos libros, sigue siendo poderosa: la ciencia creó el mundo moderno y, con él, el dominio geopolítico de Occidente. Todo el que quiera entender cómo surgió la modernidad y cómo afrontar sus desafíos debe, por tanto, entender la historia de la ciencia” (Daston 2017, p. 133).

Como señala esta autora, este tipo de historiografías teleológicas aconteció en un contexto donde la ciencia comenzó a concebirse como motor indispensable para el desarrollo del transporte, la comunicación, la industria y la guerra. Algo similar puede decirse que ha ocurrido, a mi juicio, durante la segunda mitad del siglo XX, cuando la ciencia también ha pasado a tener un rol indispensable a la hora de desarrollar políticas globales de sostenibilidad (Oreskes & Krige 2014, Turchetti & Roberts 2014). Salvando las diversas particularidades entre ambos casos, es ineludible que las historiografías enmarcadas en la IHOPE son ejemplos que al menos recuerdan a ese tipo de anacronías teleológicas referidas a la Revolución Científica y la necesidad de legitimar la empresa científica a principios del siglo XX.

La razón por la que menciono lo anterior es porque, bajo mi punto de vista, los historiadores profesionales de la ciencia aún han de responder a las narrativas teleológicas del Antropoceno de forma pareja a como la historia de la ciencia evolucionó en sus formas de escribir la historia, especialmente tras el giro historicista desencadenado por Kuhn a mediados del siglo XX<sup>58</sup> (I.2). Como señala Daston, Kuhn fue quien indujo una historiografía que tomó la delantera al modernismo previo dominante, especialmente en la esfera de influencia anglosajona a partir de la década de los 70 (Daston 2001, 2017). A través de nociones disruptivas como el “paradigma” de Kuhn, la nueva historiografía surgió a los historiadores de herramientas útiles para extirpar el anacronismo de sus investigaciones y abordar el estudio de las prácticas científicas, que como dice Daston, suponía estudiar “lo que realmente hacen los científicos en contraposición a lo que dicen hacer” (Daston 2017, p. 139). Desde entonces, los desarrollos de las últimas décadas han ampliado el alcance de la historia de la ciencia en muchas dimensiones, abriendo el camino de un periodo notablemente productivo a la hora de comprender la ciencia como una actividad cultural humana, y no sólo como una cronología de eventos teóricos<sup>59</sup>. Tal es la tarea que queda por hacer con la historia intelectual del Antropoceno. En concreto, el rechazo a las interpretaciones anacrónicas del pasado hizo consolidar un viraje hacia la reconstrucción de categorías conceptuales y culturales de los actores históricos, que pueden ser plasmados en dos movimientos historiográficos (Daston 2001): la historia contextual del desarrollo científico [*Science in Context*], y el intento por historizar a Kant, es decir: la elaboración de historias sobre entidades

---

<sup>58</sup> Un dato interesante a tener en cuenta es que Kuhn comenzó su labor en historia de la ciencia trabajando con las primeras iniciativas propiamente historicistas, en concreto con los casos de estudio de Conant. A diferencia del modernismo teleológico de la época, Conant analizó el episodio de la teoría del flogisto desde una óptica más comprensiva del contexto y las controversias sociales circundantes. Así, la pregunta por saber quién descubrió el oxígeno devino mucho más compleja —e interesante— que una mera victoria de la razón sobre la ignorancia y la superstición (Daston 2017, p. 138).

<sup>59</sup> Los enfoques se ampliaron cronológicamente —cada vez se han dedicado más estudios a la ciencia moderna y contemporánea— como temáticamente —abarcando tanto las ciencias humanas como las naturales—, y cambiaron el énfasis de las teorías científicas a las prácticas científicas —especialmente los experimentos—, dirigiendo la atención a la cultura material de la ciencia y abordando la historia de entidades supuestamente transhistóricas como la experiencia, la verdad y la objetividad (véase Golinski 2005 [1998], Rheinberger 2010, Daston 2017).



previamente asumidas como transhistóricas, como como la “verdad” (Shapin 1994) o la “objetividad” (Daston & Galison 2007). El estudio histórico del concepto Antropoceno puede ser estudiado, a mi modo de ver, desde las distintas perspectivas de ambos movimientos.

Muchas de estas historiografías se adscriben hoy a la Epistemología Histórica (Rheinberger 2010, Daston 2017), a la que aludiré en detalle más adelante (III.4). Sin embargo, mi referencia a ella no pasará por mostrar trabajos que hayan puesto el foco en el particular caso del Antropoceno científico. Y es que, en general, la posible nueva época geológica ha suscitado mucho interés entre historiadores como concepto *cultural*, pero muy poco como concepto *científico*<sup>60</sup>. Un ejemplo es el caso de Jürgen Renn, quien en su *The Evolution of Knowledge: Rethinking Science in the Anthropocene* (2020) no se refiere al Antropoceno como construcción científica o como posible unidad temporal de la Tierra. Se refiere al Antropoceno como categoría para interpretar la historia de la ciencia en relación con la evolución cultural del ser humano en interacción con la Tierra y, en este sentido, aporta poco para el objetivo de la presente tesis. Otro tanto ocurre con el trabajo de Schemmel (2020), quien ilustra algunas características del desarrollo histórico de la globalización de la ciencia en relación con el impacto del ser humano con los ecosistemas globales. Sus trabajos son interesantes, pero no abordan la historia de la conceptualización científica del Antropoceno.

No cabe duda de que la participación de historiadores en los debates del Antropoceno como concepto cultural está suponiendo grandes retos, como el replanteamiento crítico de la narrativa histórica del ser humano en relación con el medio ambiente durante los últimos siglos (Haraway 2015, Trischler 2017, Moore 2017). El trabajo del historiador medioambiental John McNeill en torno a la Gran Aceleración del siglo XX (McNeill & Engelke 2016) es un claro ejemplo de ello, y de cómo, en palabras de Latour, el Antropoceno puede concebirse como “el concepto filosófico, religioso, antropológico y, como yo lo veo, político, más decisivo que se ha producido como alternativa a las grandes nociones de moderno y modernidad” (Latour 2017, p. 77). Sin embargo, la realidad es que los historiadores profesionales de la ciencia de momento han prestado poca atención a la génesis y desarrollo del Antropoceno como concepto científico, tanto en el contexto de la *Earth System Science* (ESS) como en el contexto estratigráfico más tradicional<sup>61</sup>. A mi modo de ver, una posible razón de ello estriba en que el Antropoceno como categoría científica puede no parecer, por el momento, un objeto de la historia de la ciencia. El término fue propuesto de manera informal en el año 2000 (Crutzen & Stoermer 2000) y el trabajo genuinamente estratigráfico se inició en el año 2009 (Zalasiewicz et al. 2008, AWG 2009). Siendo la conceptualización científica un proceso actualmente en curso, la discusión ha sido más tratada por filósofos, politólogos, sociólogos y los propios científicos que, estando a favor o en contra, han participado en las discusiones emergidas alrededor del AWG.

---

<sup>60</sup> Como comentaba en la introducción de este trabajo, Trischler (2017) ha mencionado que el Antropoceno puede entenderse en un sentido científico, como en el caso del AWG, o en un sentido cultural más amplio, a menudo utilizado entre académicos de humanidades y ciencias sociales como marco conceptual para replantearse, por ejemplo, las relaciones entre la sociedad y la naturaleza en la historia reciente de la humanidad.

<sup>61</sup> Recientemente se han puesto en marcha algunos proyectos en el estudio histórico de la ESS, concretamente el proyecto *History of Earth System Science* liderado desde 2019 por Ursula Klein en el Max Planck Institute for History of Science. Otro tanto ocurre con el proyecto *Tracing the Earth System Before Earth-system Science*, liderado por Giulia Rispoli. Parece que este tipo de proyectos apuntan a un estudio histórico de los orígenes del Antropoceno alternativo a la historiografía teleológica más reciente. Sin embargo, aún no hay resultados publicados al respecto.

Todo ello me lleva a afirmar que las historiografías del Antropoceno como concepto científico están mayoritariamente dominadas por las concepciones que los mismos científicos y académicos asociados han elaborado como parte del proyecto de formalización. A pesar de que entre ellos ahora figuren notables historiadores de la ciencia como Jaques Grinevald o Naomi Oreskes, de momento sus publicaciones son relatos cronológicos de términos antecedentes al Antropoceno, y que forman parte del propio proyecto del AWG. Se trata de una historia internalista, de momento, donde aún no se ha prestado atención a los factores políticos, culturales, psicosociales, etc. Sólo algunos autores como Clive Hamilton (2016) han inspirado interpretaciones alternativas que arrojan luz sobre su historicidad como concepto científico. Dentro de este panorama, por tanto, la historia de la ciencia tiene un amplio campo de trabajo por desarrollar. En lo que aquí respecta, la Axiología Histórica que propugno pretende formar parte de esa labor, y ello partiendo de un tipo de presentismo alternativo al teleologismo anacrónico de las narrativas dominantes en la historia conceptual del Antropoceno.

### II.3. Inspiraciones historiográficas en el ámbito continental del siglo XX

Para comprender el carácter historiográfico de la Axiología Histórica que propongo conviene remontarse la *Épistémologie Historique* desarrollada por una serie de autores franceses durante el siglo XX<sup>62</sup>. El panorama de tendencias y enfoques dentro de este contexto es notablemente amplio, pero existen algunos rasgos comunes que los diferencian de los trabajos desarrollados paralelamente en las escuelas anglosajonas. Según Braunstein (2012), la tradición francesa en epistemología comenzó con Auguste Comte en el siglo XIX, continuó con Abel Rey y prosiguió con autores como Gaston Bachelard y George Canguilhem. Por mi parte, pondré el foco en estos dos últimos. Como en el caso de los filósofos anglosajones vistos en el [Capítulo I](#), sus contribuciones aportan elementos sugerentes a la hora de formular la orientación historiográfica de la Axiología Histórica, aunque difiera de cualquiera de sus planteamientos en su totalidad.

Mientras en el mundo anglosajón existía una clara distinción en el tipo de labores que desempeñaban historiadores y filósofos de la ciencia, así como abundantes discusiones acerca de las posibles relaciones que podían o debían desarrollar entre sí *a posteriori* (I.5), lo cierto es que en contexto académico francés no fue así. Al menos no lo fue en lo que refiere a la epistemología desarrollada en el *Institut d'histoire des sciences et des techniques* (IHST) de París durante buena parte del siglo XX<sup>63</sup>. En palabras de Massimiliano Simons (2019), para los autores franceses asociados a este contexto nunca hubo “una distinción real entre la filosofía de la ciencia y la historia de la ciencia que haya tenido que resolverse en primera instancia” (p. 115). Ello no significa, en cualquier caso, que la forma de entender dicha integración no fuera un asunto frecuentemente discutido entre ellos. De hecho, Bachelard y Canguilhem comparten rasgos a la

---

<sup>62</sup> Como expresión, la “*Épistémologie Historique*” fue utilizada primeramente en la tesis doctoral de Abel Rey en 1907, así como en otros trabajos posteriores de este autor (Braunstein 2012). Más adelante, Georges Canguilhem [1904-1995] la empleó en los 60 y, reintroducida por Dominique Lecourt (1969), se comenzó a emplear para referirse al enfoque del filósofo francés Gaston Bachelard [1884-1962].

<sup>63</sup> El IHST fue fundado por Abel Rey en 1932 y liderado posteriormente por Bachelard —a partir de 1940— y por Canguilhem —a partir de 1955 hasta 1970. Según Jean Gayon, estos autores compartieron la visión de entender la historia y la filosofía de la ciencia como dos caras de la misma moneda, pero a partir de la década de los 80, el instituto comenzó a incorporar una perspectiva más analítica de la epistemología. Síntoma de ello es el cambio en el nombre del instituto en el año 1989, que pasó de denominarse “*Institut d'histoire des sciences et des techniques*” a *Institut d'histoire et de philosophie des sciences et des techniques*” (Gayon 2016).

hora de elaborar una historia y filosofía de la ciencia integrada, pero también poseen discrepancias entre sí.

Como ha mostrado Cristina Chimisso (2015), ambos autores respondieron a una tendencia naturalizadora previa que trató de combinar historia y filosofía entre dos polos: uno donde la prioridad era la historia y otro donde lo era la filosofía. En el primer caso, autores como Herni Berr y su *Centre de synthèse historique* habían tratado de hacer filosofía a través de la síntesis histórica, basándose en la idea de que toda historia particular formaba parte de una “historia total”, la cual no pretendía excluir ningún tipo de enfoque material o disciplinario (Vagelli 2019). De forma similar a la naturalización de la historia de la ciencia propuesta por Echeverría (I.4.4), Berr también intentó extender los métodos inductivos de las ciencias naturales a las ciencias humanas, en este caso pretendiendo desarrollar una historia naturalizada, científica y objetiva. En el otro lado del espectro, por contra, hubo otra tendencia abanderada por Émile Bréhier y Léon Brunschvicg que trató de describir períodos históricos con el objetivo de formular teorías filosóficas. En estos casos la historia también pasó a ser para el filósofo lo que la experimentación era para muchos científicos: una fuente de datos empíricos. Pues bien: con los trabajos de Bachelard y Canguilhem se comenzó a desarrollar un enfoque que contrastó tanto con la idea de una “historia total” como con la de una historia neutra y objetiva (Chimisso 2015). Abordaré algunas de sus perspectivas con mayor potencial heurístico para mis proposiciones, a las que ulteriormente complementaré con las aportaciones del médico y bacteriólogo polaco Ludwik Fleck.

Cuatro años después de que Abel Rey fundara el *Institut*, Fleck publicó en 1935 un libro titulado *Génesis y desarrollo de un hecho científico* (1986 [1935]). Su obra no tuvo ningún tipo de vinculación conocida con las ulteriores aportaciones de Bachelard y Canguilhem, pero su trabajo implicó un contraste significativo con respecto a la epistemología desarrollada por las escuelas anglosajonas. Al igual que *La lógica del descubrimiento científico* de Karl Popper (2002 [1935]), publicado pocos meses atrás, el libro de Fleck fue escrito contra la concepción estática y teórica de la ciencia fomentada por el Círculo de Viena. Sin embargo, en contraste con la concepción dinámica de teorías propuesta por Popper, Fleck dio un giro sociocognitivo poniendo en entredicho un concepto hasta entonces considerado como evidente: el “hecho científico”.

La obra de Fleck supuso ser un trabajo audaz, pionero y alternativo al neopositivismo imperante de su tiempo. Y sin embargo, su libro apenas tuvo repercusión durante al menos dos décadas<sup>64</sup>, hasta que Thomas Kuhn le citó así en el prefacio de su obra:

---

<sup>64</sup> Hay varios elementos contextuales que posiblemente influyeron en que el libro de Fleck pasara desapercibido durante varias décadas. Siguiendo a Lothar Schäfer y Thomas Schenelle (1986, pp. 10-11), Fleck lo tenía difícil para despertar interés alguno siendo un judío polaco en la Alemania de los nazis. Los grupos de teoría del conocimiento germanófonos de Praga, Viena y Berlín se deshicieron y muchos de sus pensadores emigraron —como Popper, Carnap, Reichenbach o Hempel. La obra de Fleck no se incluyó en el capital intelectual trasladado a los países anglosajones y, de hecho, el destino de Fleck pasó por el *ghetto* de Lwów y, más adelante, a los campos de concentración de Buchenwald y Auschwitz. Sobreviviendo a la guerra, Fleck se dedicó después a sus labores en medicina, y sólo en ocasiones puntuales siguió con sus escritos en epistemología. Cuando Fleck fallecía en Israel en 1961, comenzaba a imprimirse en EE. UU. la obra de Thomas Kuhn. A pesar de que Kuhn mencionara a Fleck en el prefacio (2012 [1962]), nadie prestó atención a su libro hasta que un artículo y el libro *La estructura de la inferencia sociológica* de Wilhelm Baldamus en 1976 despertaron un interés más amplio en la filosofía y sociología de la ciencia (Schäfer & Schnelle 1986, Sady 2019). Independientemente de ello, un segundo redescubrimiento se dio en EE. UU. a través de R.K. Merton y T.J. Trenn, quienes en 1979 editaron la traducción del libro de Fleck a lengua inglesa con un prefacio de Kuhn incluido. Ahí, Kuhn cuenta cómo dio casualmente con el libro de Fleck entre 1949 y 1950 durante su tiempo en la *Society of Fellows* de la Universidad de Harvard.



“[...] Me he encontrado con la casi desconocida monografía de Ludwik Fleck, *Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache*, un ensayo que anticipa muchas de mis propias ideas. [...] El trabajo de Fleck me hizo ver que esas ideas podrían enmarcarse en la sociología de la comunidad científica. Aunque los lectores encontrarán pocas referencias a estos trabajos o conversaciones más adelante, estoy en deuda [con él] en más aspectos de los que ahora puedo reconsiderar o evaluar” (Kuhn 2012 [1962], prefacio).

Muchas de las ideas kuhnianas tienen similitudes con la teoría de Fleck, a la vez que otras tantas diferencias considerables (Möbner 2016). Lo importante a señalar aquí es que la obra de Fleck supone, como en Bachelard y Canguilhem, otro modo posible de integrar filosofía con historia de la ciencia. En su caso, además, lo hizo incorporando un importante componente sociológico que luego sirvió como inspiración a escuelas de sociología de la ciencia más recientes.

### II.3.1. La orientación presentista de Gaston Bachelard

A diferencia de sus coetáneos empiristas del mundo anglosajón, la *épistémologie* de Bachelard defendió la imposibilidad de proveer un análisis certero del conocimiento partiendo estrictamente del conocimiento científico, puesto que entendió que las maneras de pensar diferían entre civilizaciones y, por tanto, no cabía estudiar sus productos cognitivos *a priori*. La opción de Bachelard fue entender la racionalidad científica en términos relativos a los contextos intelectuales y culturales donde ésta se aplicaba, no tratando de especificar una teoría universal de la racionalidad. Con esta perspectiva, Bachelard desarrolló un tipo de epistemología normativa basada en juicios retrospectivos de la historia, en su caso mayoritariamente aplicados a la física, química y matemáticas.

Aunque no vaya a compartir su inclinación normativista, Bachelard desarrolló una forma de escribir la historia de las ciencias que sí que tiene especial interés para caracterizar el tipo de historiografía deseable para la Axiología Histórica. Se trata de su óptica *presentista*, la cual difiere con mucho del teleologismo triunfalista de la historiografía del Antropoceno mostrada en el anterior apartado (II.2). Desde que Butterfield (1997 [1949]) planteara la historia *whig* como la tendencia de muchos historiadores a subrayar ciertos principios de progreso y a ratificar —e incluso glorificar— el presente, es posible que sea fácilmente confundible la identificación del presentismo con el teleologismo positivista. Parece incluso que la historiografía “anti-whiggish” se haya convertido incluso en una obligación entre historiadores profesionales de la ciencia, precisamente para responder al frecuente anacronismo de las narrativas auto-históricas de los científicos. Sin embargo, si bien Bachelard concibió el progreso como una dimensión intrínseca e ineludible en la historia de la ciencia, para el filósofo francés el desarrollo de la ciencia no era lineal, sino todo lo contrario: el avance de la ciencia era dialéctico y discontinuo, con múltiples rupturas y *obstáculos epistemológicos* (Bachelard 2006 [1927]).

---

Paradójicamente, conoció la existencia de Fleck gracias a una referencia casual en el libro *Experience and Prediction* de Hans Reichenbach.

Con la noción de obstáculo epistemológico, Bachelard trató de identificar en la historia de la ciencia una serie de actitudes y prejuicios mentales que impiden o dificultan al científico un correcto entendimiento de su objeto de estudio. Esas barreras no se referían a las complejidades técnicas que pueda presentar un nuevo fenómeno u objeto de estudio, sino a circunstancias psicológicas que dificultarían evolucionar al *espíritu científico* en formación. De ahí que insistiera en la importancia de realizar juicios retrospectivos de lo recurrente en la práctica científica, puesto que ésta siempre puede confrontarse con su pasado y aprender de él. Bachelard insistió en el hecho de que los científicos, cuando abordan un nuevo fenómeno con el objetivo de comprender las leyes que lo gobiernan, éstos no lo hacen con una mirada libre de prejuicios e ideas teóricas preconcebidas:

“Frente a lo real, lo que cree saberse claramente ofusca lo que debería saberse. Cuando se presenta ante la cultura científica, el espíritu jamás es joven. Hasta es muy viejo, pues tiene la edad de sus prejuicios. Tener acceso a la ciencia es rejuvenecer espiritualmente, es aceptar una mutación brusca que ha de contradecir a un pasado” (p. 67).

De esta manera, el autor francés identificó hasta diez obstáculos epistemológicos<sup>65</sup>. A mi modo de ver, todos ellos bien podrían comprenderse como *obstáculos axiológicos* —o disvalores (I.4.1)—, si consideramos que cualquier práctica epistémica presupone valores (Putnam 2008 [1981]) y que Bachelard propone un sistema de valores correcto —un *nuevo espíritu científico*— para el investigador. La función de la historia de la ciencia, en cualquier caso, consistiría en rectificar la actividad científica actual a través de estudios comparativos con su pasado, asumiendo una dialéctica histórica del avance científico. Se trata de una perspectiva que, según Loison (2016), puede catalogarse como *presentismo normativo*:

“[El presentismo normativo implica] el uso de conceptos y explicaciones actuales para identificar y enfatizar los obstáculos que enfrentaron conceptos similares en el pasado, con el objetivo de comprender esa misma clase de fenómenos, sus limitaciones intrínsecas y carencias teóricas” (Loison 2016, p. 32).

Este carácter retrospectivo de Bachelard supone, a mi juicio, una opción interesante que difiere del presentismo positivista que hoy predomina en la conceptualización científica del Antropoceno<sup>66</sup>. Ello no implica, sin embargo, que abogue por cualquier tipo de normativización

---

<sup>65</sup> Por ejemplo, el primero de ellos refiere como obstáculo a las experiencias primeras que los científicos perciben y alojan acríticamente en la memoria desde su niñez, de modo que se convierten en creencias frente a las que es difícil generar nuevos conocimientos contrarios a ellas (1973 [1928]). Otro tanto sucedería con los hábitos lingüísticos que se consideran axiomas, la tendencia a idealizar el conocimiento unitario y pragmático, la identificación de la cuantificación con la objetividad, o la libido que conduce a los investigadores a querer ser mejores que el resto, lo cual queda reflejado en su propia práctica investigadora. Todos ellos son interesantes en tanto que Bachelard los recoge del estudio histórico de las ciencias con el objetivo de servir al ejercicio presente de los científicos.

<sup>66</sup> El presentismo normativo de Bachelard, como apunta Loison (2016), hay que distinguirlo del normativismo positivista que simplifica los juicios del pasado y devalúa aquellos conocimientos que no estén aceptados en la ciencia actual como correctos. El presentismo normativo de Bachelard, por su parte,

de la acción científica, tampoco de los valores que deben o no deben guiar la investigación. Mi trabajo trata de criticar axiológicamente el discurso científico, no de normativizarlo. El presentismo de Bachelard supone, en todo caso, una primera inspiración para distanciarse de las historiografías teleológicas y para entender cómo la historia y la filosofía pueden formar parte de un mismo proyecto intelectual orientado a los temas científicos de nuestro tiempo. Un proyecto que, a diferencia de los problemas derivados de los formatos “teoría-evidencia” del mundo anglosajón (I.5), ejemplifica cómo la filosofía puede integrarse con la historia desde el principio, no como un ensamblaje *a posteriori* de disciplinas separadas (Vagelli 2019).

Ciertamente, con ello Bachelard se convirtió en una figura influyente dentro de los círculos académicos franceses a la hora de redefinir la epistemología como campo de estudio intrínsecamente vinculado a la historia. De hecho, otros pensadores influenciados por Bachelard seguirían su estela normativista, como fue el propio George Canguilhem<sup>67</sup> (Davidson 2002, Feest & Sturm 2011, Chimisso 2015). En su caso, el carácter normativista no tuvo un sentido tan directivo de la práctica científica como en su maestro, sino más bien regulativo de lo que debe ser la investigación histórica en función de los espacios marcados por la ciencia del presente (Loison 2016). En este sentido, las aportaciones de Canguilhem también son relevantes para inspirar la modalidad historiográfica que propongo.

### II.3.2. Georges Canguilhem y el objeto de la historia de las ciencias

En una conferencia titulada “El objeto de la historia de las ciencias” diseminada en 1966, ya mencionada en el primer capítulo (I.4.4), Canguilhem criticó tajantemente la visión anacrónica de la historia de la ciencia de su tiempo. Aludió al “virus del precursor” como la tendencia a buscar, encontrar y celebrar a predecesores, que para él suponían ser objetos históricos falsos. Esto suponía creer que los “precursores” pertenecían, en cierto sentido, a dos épocas diferentes: el pasado en el que vivieron y el futuro que profetizaron, aspecto este último un tanto cuestionable. De ahí que el historiador francés afirmara que “si los precursores existiesen, entonces la historia de la ciencia perdería todo su sentido, puesto que la ciencia tendría una dimensión histórica sólo en apariencia” (2005 [1968], p. 199).

En su propuesta, además, el historiador francés defendió que la filosofía sin historia sería una mera repetición de las ciencias y que la historia sin la epistemología quedaría reducida a una mera cronología de eventos. Y no se quedó ahí. En lugar de proponer una recombinación entre disciplinas al estilo del “modelo de confrontación” de Laudan (I.5), Canguilhem defendió un

---

recoge las dificultades y entendimientos del pasado para esclarecer cómo debe hacerse la ciencia del presente.

<sup>67</sup> Es curioso señalar que a pesar de que Lecourt cogió la expresión de Canguilhem, después no incluyó a este dentro de la etiqueta (ver Méthot 2013). Canguilhem prefirió denominar su propio trabajo como “historia epistemológica” [*histoire épistémologique*], con la intención de desmarcarse del carácter más filosófico que histórico de Bachelard. Esto suscita la controversia de catalogar las corrientes francesas como un tipo de historiografía de inclinación epistemológica o como tipos de epistemología basada en la exploración histórica (Gingras 2010), a lo que volveré más adelante. Canguilhem es una figura clave entre Bachelard y Foucault, en tanto que fue discípulo de primero y maestro del segundo. Concretamente, Canguilhem fue quien sustituyó a Bachelard en la Cátedra de Historia y Filosofía de la Ciencia en la Sorbona y en la dirección del *Institut d'histoire et de philosophie des sciences et des techniques* (IHST). Después tuvo mucha influencia sobre el grupo de pensadores en torno al estructuralismo y postestructuralismo en la década de los 60, que incluyeron a autores como Foucault, Louis Althusser o Jaques Derrida (Rheinberger 2010, p. 65).

enfoque en el que los elementos filosóficos e históricos eran formas igualmente constituyentes de un mismo proyecto intelectual. Para explicar esto, el núcleo de la argumentación de Canguilhem giró en torno a la pregunta “¿Cuál es el objeto de la historia de la ciencia?”, refiriéndose a las considerables diferencias entre los “objetos naturales”, los “objetos científicos” y los “objetos de la historia de las ciencias” (Canguilhem 2005 [1968]). Su ejemplo fueron los cristales, la cristalografía y la historia de la cristalografía. Por mi parte, ilustraré la idea refiriéndome a los estratos, la estratigrafía y la historia de la estratigrafía<sup>68</sup>.

Siguiendo el planteamiento de Canguilhem, ante la pregunta “¿Cuál es el objeto de la historia de la estratigrafía?”, sería frecuente responder afirmando que su objeto es a la estratigrafía lo que el objeto de la estratigrafía es a los estratos. Canguilhem, sin embargo, señalaría que en la expresión “ciencia de los estratos” la preposición “de” no lleva implícita la idea de “poseer” el objeto. Los estratos son objetos naturales que “están ahí” y que los geólogos tratan de estudiar elaborando sus propios objetos científicos. Por eso Canguilhem se referiría a la estratigrafía como ciencia o conocimiento *sobre o acerca de* los estratos (*Ibid.*, pp. 202-203). No “posee” los estratos en tanto que los objetos científicos no se corresponden con éstos, sino que se generan de una forma u otra “a partir de” los naturales. El autor francés insistió en que son “secundarios” a ellos, pero no “derivados” de ellos. Y otro tanto ocurriría con el objeto de la historia de la ciencia: su objeto es secundario con respecto a los objetos científicos, pero no se deriva de ellos. Por eso, extrapolando los planteamientos de Canguilhem al Antropoceno estratigráfico, habría que plantearse preguntas como “¿qué significa tener conocimiento sobre la estratigrafía?” o “¿debemos elaborar conocimientos sobre la estratigrafía del mismo modo que sobre los estratos?”.

Es posible que Echeverría (2018) responda que sí: la axiología y la historia de la ciencia han de naturalizarse y generar conocimientos mediante métodos científicos. En palabras de Canguilhem (2005 [1968], p. 199), una concepción como ésta equivaldría “a calcar la relación de la historia de las ciencias de la cual ella es la historia sobre la relación de las ciencias con los objetos de los cuales ellos son ciencias”. Aun si Echeverría afirmase que los métodos científicos que se deben emplear en la axiología e historia de la ciencia no tienen por qué identificarse con los métodos de las ciencias naturales, sino de las ciencias sociales, trasplantar la metodología científica a la historia podría conducir, de hecho, “a la tesis epistemológica de que existe un método científico eterno, somnoliento en ciertas épocas, vigilante y activo en otras” (*Ibid.*). Canguilhem insistiría en que el objeto de la historia es un objeto intrínsecamente histórico, mientras que el de la estratigrafía, o de cualquier otra ciencia, sería un conocimiento sobre un objeto cuya historicidad no es relevante para el historiador<sup>69</sup>. El objeto de la historia está siempre en permanente cambio y construcción en tanto actividad humana, y aquí radica una diferencia importante con respecto a

---

<sup>68</sup> Para este ejemplo, me referiré a la estratigrafía como la subdivisión dedicada a la identificación, descripción, secuenciación y correlación de secuencias de roca, así como al análisis de estas de acuerdo con una escala temporal general. Constituye una fuente importante de conocimiento para, entre otras, la geología histórica (Weller 1960, véase [Capítulo III](#)).

<sup>69</sup> Canguilhem afirma que los cristales, como objeto de la cristalografía, puede tener historia pero sólo en tanto que la Tierra tiene una historia para los científicos. Se trata de una historia que los científicos elaboran en base a su perspectiva metodológica, pero que ese no es el objeto del historiador de la ciencia (Canguilhem 2005 [1968], pp. 202-203, véase también Rheinberger 2010, pp. 66-67). En un artículo más reciente, Bruno Latour (2007), aunque no cite expresamente a Canguilhem, creo que desafía la separación entre la historicidad de los objetos naturales y la historicidad de los objetos científicos. Él propone comprender el conocimiento del mundo como un vector, como un modo de existencia, en el que se deben integrar ambas historicidades desdibujando las fronteras entre sujetos y objetos. Su propuesta es incompatible con el marco teórico de este trabajo, pero subraya, en su caso, la diferencia de tomar la evolución histórica de los caballos como objeto con respecto a la evolución histórica del conocimiento científico acerca de esa evolución, que este sí sería el objeto de la historia de la ciencia.

la relación entre los geólogos y los estratos naturales. Son objetos de diferente naturaleza, de ahí que Canguilhem defendiera que la historia no debía ser considerada como un “laboratorio”. Su propuesta, siguiendo la tendencia normativista de Bachelard, fue considerar la historia como un “tribunal” con el objetivo de dar cuenta de la dialéctica en la continua elaboración de constructos científicos:

“Al modelo del laboratorio se puede oponer, con el objetivo de comprender la función y el sentido de una historia de la ciencia, el modelo de la escuela o del tribunal, es decir, de una institución y de un lugar donde se llevan a cabo juicios sobre el pasado del saber, sobre el saber del pasado. En este caso es necesario un juez. En concreto, es la epistemología la que tiene que proporcionar a la historia el principio de un juicio, mostrándole el último lenguaje hablado por dicha ciencia, la química por ejemplo, y permitiéndole de este modo recular hacia el pasado hasta el momento en el que dicho lenguaje deja de ser inteligible o traducible a otro, más bajo o vulgar, anteriormente hablado” (Canguilhem 2005 [1968], p. 200).

Nótese cómo Canguilhem concibió la epistemología como un componente indispensable para el estudio histórico, sirviendo como concedora del estado epistémico de una ciencia particular: “sin la epistemología, sería pues imposible discernir dos clases de historia llamadas de las ciencias, la de los conocimientos caducos y la de los conocimientos sancionados, es decir, todavía actuales en cuanto son eficaces” (*Ibid.*). Su concepción de la epistemología, ciertamente, puede no ser equivalente a la teoría del conocimiento del mundo anglosajón, puesto que la entiende como indisociable a la historia de las ciencias. El objeto de ésta, en definitiva, es “la historicidad del discurso científico”, en tanto que dicha historicidad “representa la realización de un proyecto interiormente normativo pero atravesado por numerosos accidentes, retrasado por diferentes obstáculos, interrumpido por crisis, es decir por momentos de juicio y de verdad” (p. 203). La historia de la estratigrafía sería, por tanto, un discurso sobre la dinámica del cambio histórico de los discursos sobre el orden de los estratos, no un registro cronológico de conceptos que desembocan en un proyecto científico de formalización. La historia de las ciencias “se refiere a una actividad *axiológica*, la búsqueda de la verdad. Es a nivel de las preguntas, de los métodos, de los conceptos que la actividad científica aparece como tal” (*Ibid.*, las cursivas son mías).

Sin necesidad de adoptar todo el elenco de consideraciones que asume Canguilhem, la perspectiva del historiador francés supone una segunda inspiración historiográfica para diferir del presentismo positivista subyacente en los relatos cronológicos del Antropoceno. También su objeto de estudio, el “discurso científico” [*le discours scientifique*], supone una sugerente alternativa a los “procesos evaluativos” analizados por Echeverría, sin perjuicio de que éstos últimos formen parte de los primeros. Canguilhem tuvo claro, en cualquier caso, que el estudio de las contingencias del discurso en el desarrollo histórico de las ciencias era una dimensión clave a atender: se debía dar cuenta de las condiciones que permiten la génesis de lo posible. Condiciones que, a mi modo de ver, también son axiológicas. Mostrar que la ciencia podría haber sido diferente o que se ve influida por valores contingentes no entraría en contradicción, por cierto, con afirmar que la ciencia es racional. Como he afirmado en el primer capítulo (I.2), la racionalidad está cargada de valores, tanto epistémicos como contextuales. Y para Canguilhem, la ciencia puede ser considerada al mismo tiempo racional y contingente (Loison 2016).

### II.3.3. La teoría comparativa de Ludwik Fleck

Fleck compartió con Popper, Wittgenstein y otros tantos filósofos de su tiempo el recurso de la psicología gestáltica para criticar la interpretación positivista del hecho como algo “dado”. Pero su trabajo resultó ser especialmente original por varios motivos. En su obra desarrolló una particular teoría sociohistórica del conocimiento que resaltaba —como pocos en su tiempo— que la ciencia es, ante todo, una actividad cognitiva realizada cooperativamente por personas. Para ello, no se fijó en las principales ciencias atendidas por los empiristas lógicos, como la física, sino en la investigación médica que él mismo ejercía profesionalmente. Así, Fleck se dio cuenta de que en la práctica poseen un rol muy relevante aspectos que desde la perspectiva lógica serían imponderables, como el presentimiento intuitivo de nuevos problemas, soluciones e ideas (Schäfer & Schnelle 1986, Sady 2019). Por eso argumentó que el avance científico no depende únicamente de la simple realización de observaciones, sino de una “intuición” enraizada en el desarrollo histórico de la ciencia —que en el caso de la medicina, se muestra en el cambio de conceptualizaciones patológicas a partir de sus antecesoras históricas.

El dispositivo conceptual fleckiano partió de un punto de vista histórico-social donde se ponía de relevancia el carácter interactivo y codependiente entre individuos, grupos y las convicciones que los unen entre sí (Fagan 2009). En consecuencia, su enfoque también es válido para referirse a los valores que se comparten y transfieren entre científicos, tanto internamente como con la sociedad más amplia donde ellos están inmersos. Recuérdense las palabras de Kuhn: “las diferentes disciplinas se caracterizan, entre otras cosas, por conjuntos diferentes de valores compartidos” (1979, p. 355). Dichos valores pueden interpretarse de diferentes maneras en función de las características del individuo evaluador, el momento histórico donde vive y la disciplina donde investiga (I.3.1, I.4.1). En este sentido, Fleck desarrolló nociones altamente sugerentes para comprender la dinámica e interpretación intersubjetiva de los valores, como el “colectivo de pensamiento” [*Denk-Kollektiv*] que definió como una “comunidad de personas que intercambian ideas mutuamente o mantienen una interacción intelectual” (Fleck 1986 [1935], p. 39). Los miembros de los colectivos de pensamiento no solo adoptarían ciertas formas cognitivas y valores compartidos, sino que también los transformarían continuamente en un espacio interpersonal enmarcado en una época y en un determinado “estilo de pensamiento” [*Denkstil*]. Éste estaría conformado por los “valores, normas, conceptos y presuposiciones sobre las cuales el colectivo construye su edificio teórico de forma dirigida y restringida, hasta que la respuesta esté preformada en gran parte en la pregunta y se tenga que decidir solamente entre sí o no, o un constatar numérico” (*Ibid.*). A primera vista, el estilo de pensamiento puede parecer equivalente al concepto de “paradigma” o “matriz disciplinaria” propuesto más adelante por Kuhn, al igual que la idea de “colectivos de pensamiento” y las “comunidades científicas” kuhnianas. Sin embargo, hay diferencias sustantivas<sup>70</sup>.

---

<sup>70</sup> Un estudio relevante al respecto puede encontrarse en Mößner (2011). Según este autor, hay diferencias en lo que respecta a la continuidad del desarrollo científico, siendo la óptica fleckiana más dinámica, continua y fluctuante que las revoluciones y cambios de paradigma de Kuhn. También es reseñable cómo la teoría de Fleck no sólo es aplicable al ámbito científico, sino que también es extrapolable a otros ámbitos del quehacer humano, además de considerar la dimensión emocional, los estados de ánimo dentro de un colectivo y el rol de la comunicación en la diseminación de ideas y la conformación de hechos científicos.



La concepción de Fleck estuvo argumentada en base al desarrollo histórico de la medicina y, en concreto, en la historia de la sífilis. A menudo se consideraban a las patologías y enfermedades como hechos científicos inmutables, comunes a todos los pacientes que las padecen. Sin embargo, Fleck demostró que no es así. A través del estudio histórico del concepto de sífilis, tal y como se fue constituyendo desde el siglo XV, el bacteriólogo polaco dio cuenta de que las enfermedades bien podían entenderse como un producto cultural, cargado de valores contextuales y representaciones colectivas vinculadas a la sexualidad o la corrupción de la sangre. No cabe duda de que los estudios de Fleck sobre el origen del concepto de la sífilis y el descubrimiento de la reacción de Wasserman —campo en el que, por cierto, también fue pionero— le sirvieron para inferir varias consecuencias epistemológicas que influyeron notablemente en Kuhn: “[...] conocer el texto de Fleck me ayudó a darme cuenta de que los problemas que me preocupaban tenían una dimensión fundamentalmente sociológica” (Kuhn 1981, p. x). Tampoco cabe duda de que, a través de Kuhn, influyó en la sociología del conocimiento científico ulterior (Schäffer & Schnelle 1986, Fagan 2009, Rheinberger 2010, Sady 2019). Sin embargo, uno de los principales motivos por los que recurro a Fleck es precisamente por su carácter independiente, ajeno a todas las derivaciones reduccionistas, radicales y relativistas del constructivismo social que en general marcaron buena parte de la agenda en sociología de la ciencia del último cuarto del siglo XX<sup>71</sup>.

A diferencia de las pretensiones de suplantar la epistemología por parte de muchos sociólogos constructivistas del conocimiento, la teoría de Fleck ofrece un marco interpretativo que, de hecho, es único al armonizar aspectos sociológicos con conceptos genuinamente filosóficos. En términos de Susan Haack (1996, pp. 259-260), podríamos considerarla como una “sociología sensata de la ciencia”, en contraste con aquellas que niegan o ignoran su dimensión epistémica y acaban reduciéndola a una mera negociación de intereses. Una buena sociología, siguiendo a Haack, considera la ciencia como una institución social dedicada a la producción de elementos cognitivos y prácticas con valor epistémico. Y en este sentido, la teoría de los estilos y colectivos de pensamiento de Fleck se presenta como una alternativa que no se agota en una concepción únicamente sociológica, sino que incluye una *epistemología histórica* de la ciencia.

Considerar los recursos teóricos de Fleck no implica la aceptación de todos sus presupuestos y consecuencias epistemológicas. Aquí me limitaré a destacar una característica importante que subyace a su estilo historiográfico, a saber: su *teoría comparativa del conocimiento*, la cual se opone a la “epistemología imaginada” de la reflexión ahistórica. En contraste con muchos de los sociólogos de la ciencia ulteriores, las reflexiones de Fleck partieron directamente de su experiencia científica en laboratorios y hospitales. Y de ahí, Fleck infirió el valor de contrastar históricamente la práctica científica a la hora de reflexionar en torno al estatus y naturaleza del conocimiento científico generado en un contexto particular:

---

<sup>71</sup> En particular, me refiero a los trabajos constructivistas ligados a dos grupos de trabajo durante las décadas de 1970 y 1980: la *Escuela de Edimburgo* —entre los que se incluyen David Bloor, Barry Barnes y el resto de los miembros de la *Science Studies Unit* de la Universidad de Edimburgo— y la *Escuela de Bath* —formada por Harry Collins y otros asociados a la Universidad de Bath. Los sociólogos de ambas escuelas promovieron, respectivamente, el *Strong Programme* y el *Empirical Programme of Relativism* (EPOR) que, como sus propios nombres sugieren, ampararon tesis fuertemente relativistas y construccionistas. A mi modo de ver, sin embargo, el a veces malinterpretado marco fleckiano es perfectamente compatible con un *perspectivismo colectivo*, diferente al relativismo extremo y susceptible de acomodar valores objetivos, subjetivos e intersubjetivos. No trataré esta cuestión aquí, pero baste mencionar la publicación de Susan Haack (1996) para la consideración de las divergencias entre Fleck y los proyectos constructivistas recién mencionados.



“La biología me enseñó a investigar histórico-evolutivamente todo campo en desarrollo. ¿Quién hace hoy anatomía sin embriología? Pues, de la misma forma, toda teoría del conocimiento que no haga investigaciones históricas y comparativas se queda en un juego de palabras, en una epistemología imaginada. [...] ¿No es hora ya de asumir una visión menos egocéntrica, más general y hablar de una epistemología comparada? Un principio de pensamiento que permita percibir más detalles concretos y más relaciones necesarias merece, como lo demuestra la historia de las ciencias naturales, prioridad” (Fleck 1986 [1935], pp. 68-69).

Más adelante, Fleck continúa:

“Una de las tareas primordiales de la teoría comparativa del conocimiento sería investigar cómo las concepciones y las ideas confusas pasan de un estilo de pensamiento a otro, cómo emergen como pre-ideas generales espontáneamente y cómo se mantienen gracias a una especie de armonía de ilusiones, como estructuras persistentes y rígidas. Sólo por medio de esa comparación e investigación de las relaciones podemos empezar a comprender nuestra época” (Fleck 1986 [1935], p. 75).

A diferencia de las ciencias protagonistas del empirismo lógico, Fleck vio cómo el conocimiento médico estaba sometido a un ritmo evolutivo particularmente alto. Como en otros campos científicos, la medicina pretende explicar los fenómenos a través del establecimiento de relaciones causales. Pero en este caso es imposible formular una serie de principios que abarquen todo el objeto epistémico, sino que un estado de enfermedad ha de considerarse desde distintos puntos de vista. Esa necesidad de establecer concepciones distintas de una misma patología le condujo a practicar una epistemología comparativa e introducir conceptos como la “inconmensurabilidad”<sup>72</sup> (Fleck 1986 [1927], p. 61). En este sentido, pienso que alguien podría argumentar que la epistemología comparada de Fleck es una *epistemología naturalizada*, en cierto sentido, puesto que admitió que su modo propuesto de proceder se inspiró en la metodología científica que él mismo aprendió. Por mi parte, pienso que este modo de proceder no es necesariamente científico, salvando los problemas inherentes de lo que se pueda entender por esto último. La cuestión relevante a subrayar aquí es, de todas maneras, su convergencia con Bachelard y Canguilhem: para comprender la ciencia de nuestra época conviene compararla con su pasado.

De modo que la historiografía fleckiana posee un carácter especialmente propicio a la hora de elaborar mi propuesta. Por una parte, Fleck sociologiza la epistemología y, por otra, la historiza. Ello lo hace desde un punto de vista que compatibiliza nociones tanto sociológicas como epistemológicas, tanto psicológicas como históricas. Todo ello es compatible con las anteriormente mencionadas apartaciones de Bachelard y Canguilhem que, por mi parte, combinaré con su enfoque comparativo a la hora de desarrollar una historiografía crítica de los valores, como mostraré más adelante (II.5). Con ello trataré de arrojar luz sobre el dilema actual del Antropoceno en base a la contrastación de distintos contextos y formas históricas de práctica

---

<sup>72</sup> En la traducción en castellano realizada por Luis Meana y Ángel González de Pablo en la introducción escrita por Lothar Schäfer y Thomas Schnelle (1986), el término polaco “niewspółmierność” se traduce como “inconmensurabilidad”.

científica. De ahí no se derivarán tesis relativistas, como ha solido ser frecuente en la literatura. Sí dará cuenta de las distintas perspectivas axiológicas que permean diferentes colectivos en momentos históricos particulares.

Mi referencia a Fleck no es, en modo alguno, una novedad en los actuales estudios sociohistóricos de la ciencia. En el mundo angloparlante, hoy se considera a Fleck como un antecedente a la obra de Kuhn poco apreciado, pero en la comunidad de filósofos, historiadores y sociólogos de la ciencia de habla alemana se le considera como un epistemólogo muy original, que presenta la naturaleza del conocimiento humano de forma bastante peculiar y exploratoria, y que trasciende significativamente las tesis de Kuhn (Rheinberger 2010, Mößner 2011, Renn 2020). También en Francia hay un grupo de filósofos e historiadores de la medicina liderados por Ilana Löwy que aplican las ideas de Fleck a sus investigaciones en ciencias biomédicas (Löwy 2004). Otro tanto sucede en Brasil, en el que hay al menos tres grupos que aplican su teoría a la historia, filosofía y educación de la ciencia (Sady 2019). En su famosa introducción a la *Teoría del Actor-Red*, Latour no dudó en referirse a Fleck como “el fundador de la sociología de la ciencia” (Latour 2005, p. 112). Y también hoy es considerado uno de los primeros padres de los *Science and Technology Studies* contemporáneos (Jasanoff 2012). A pesar de su longevidad, parece que la óptica fleckiana está resultando ser una herramienta versátil para interpretar casos recientes no sólo en ciencias biomédicas, sino también en ciencias físicas (Forstner 2008) o incluso en geología (Pellegrini 2019), y ello desde su particular punto de vista sociohistórico.

#### II.4. La Epistemología Histórica como categoría contemporánea

Durante las últimas tres décadas ha reaparecido la expresión “Epistemología Histórica” [*Historical Epistemology*] en numerosos artículos, libros, conferencias, e incluso centros de investigación. Esta reciente denotación ha surgido a partir de la década de 1990, especialmente tras la fundación del *Max Planck Institute for History of Science* (MPIWG) en 1994<sup>73</sup>. En general, los autores que se adscriben a esta categoría realizan trabajos que exploran la naturaleza del conocimiento científico en base a las condiciones históricas en las cuales éste emerge y se desarrolla a lo largo del tiempo. En este sentido, presentan algunos elementos metodológicos convergentes con la Axiología Histórica que propongo<sup>74</sup>. Sin embargo, la disparidad entre problemas abordados y términos utilizaros para aunarlos ha hecho posible que autores como Yves Gingras hayan afirmado que las discusiones recientes sobre la expresión “Epistemología Histórica” provean “un ejemplo interesante de cómo generar una marca en el campo de la historia y la filosofía de la ciencia” (Gingras 2010, p. 441). Por lo tanto, hay dos cuestiones a abordar aquí: una concierne al contenido de las aportaciones englobadas en esta categoría que puedan ser relevantes para mi investigación, y otra es plantearse la idoneidad de adscribir mi aportación a dicha categoría. Para ello, primeramente cabe señalar que pueden diferenciarse, según Feest y Sturm (2011), hasta tres tipos de historiografías que se asocian a la Epistemología Histórica:

---

<sup>73</sup> La expresión parece haber comenzado a utilizarse tras una semana de conferencias en la Universidad de Toronto organizada por Ian Hacking y Lorraine Daston en 1993. Después le siguieron otras en París, Lovaina, Columbia y Berlín, así como un conjunto de artículos que abordaron la cuestión (Feest & Sturm 2011).

<sup>74</sup> De hecho, la principal inspiración del Max Planck Institute, Lorenz Krüger, estuvo profundamente envuelto en el debate de las relaciones HPS desde finales de 1970. En sus escritos, Krüger fomentó un enfoque hermenéutico-historicista cuya principal idea era que la relación entre historia y filosofía de la ciencia fuera un “matrimonio por el bien de la razón” (Krüger 2005 [1978], p. 9).

- (i) La elaboración de historias de conceptos epistémicos de un orden abstracto superior que subyacen en la práctica científica, como la “objetividad” (Daston & Galison 2007), la “observación” (Daston 2008, Daston & Lunbeck 2011) o la “probabilidad” (Hacking 2006 [1975]).
- (ii) El desarrollo de historias de “cosas epistémicas” [*Epistemic things*], que aluden a los recorridos históricos de objetos epistémicos particulares, como las proteínas y partículas citoplasmáticas (Rheinberger 1997, 2000), el electrón (Arabatzis 2011), el flogisto (Chang 2011), el éter (Navarro 2018), la sexualidad (Davidson 2002).
- (iii) El análisis histórico del avance científico a largo plazo, como el estudio de las transformaciones de los sistemas de conocimiento a través de diversas épocas y civilizaciones (Renn 2020).

Estos enfoques no recogen todos aquellos que podrían incluirse como Epistemología Histórica, como advierten Feest y Sturm (2011), pero representan las tres principales tendencias ligadas al MPIWG. Los tres representantes de cada línea —Lorraine Daston, Jürgen Renn y Hans-Jörg Rheinberger— no sólo han desarrollado sus principales ideas teóricas, objetivos y tareas, sino que sus aportaciones han propiciado una heurística positiva para otros muchos otros autores.

En cuanto a las aportaciones de interés, empezaré resaltando el encuadre orientado a objetos epistémicos (ii), en el que los aparatos, herramientas y tecnologías concretas con los cuales los investigadores pueden aislar fenómenos como objetos de estudio pasan a ser los protagonistas de la narración histórica. Para Rheinberger, una de las principales referencias en esta perspectiva, el centro de atención no son los sujetos y cómo éstos pueden ser objetivos. La historiografía se desplaza, más bien, al condicionamiento histórico inherente al constituir los propios objetos, en un contexto en el cual sólo algunos de ellos acaban transformándose en objetos genuinamente científicos:

“La cuestión ya no era atender cómo un sujeto conocedor podía alcanzar una visión no desvelada de sus objetos, sino que la cuestión era qué condiciones debían crearse para que los objetos se convirtieran en objetos de conocimiento empírico en condiciones históricamente cambiantes” (Rheinberger 2010, p. 3).

Esta perspectiva historiográfica también tiene relevancia para analizar la evolución histórica de los valores en la actividad científica. Aceptar que no es posible elaborar conocimientos de forma independiente a la materialidad condicionante de los métodos de preparación, técnicas instrumentales y sistemas de experimentación empleados, es aceptar la importancia de satisfacer previamente un particular sistema de *valores técnicos* en la generación de conocimiento. Esto se ve claramente reflejado en el **Capítulo IV**, en tanto que la constitución del Sistema Tierra como objeto de estudio sólo pudo ser posible a través del uso de ciertos instrumentos o “sistemas de

experimentación”, como observación de la Tierra desde el espacio a través de satélites artificiales o el desarrollo de modelos y simulaciones computacionales (Heymann & Dahan Dalmedico 2019). Todas estas condiciones materiales y tecnológicas, convergentes en el contexto histórico de la segunda mitad del siglo XX, requieren satisfacer valores técnicos clave, como la “capacidad computacional” y “transmisibilidad” de datos en los dispositivos empleados, o la “confiabilidad” en los programas informáticos de simulación.

Por otra parte, en las historiografías del tipo (i), autores como Daston o Hacking han estudiado cómo categorías tales como “conocimiento, creencia, evidencia, razón, objetividad, probabilidad” (Hacking 1999, p. 58) poseen una naturaleza histórica cuyas características emergen dentro de prácticas y contextos específicos, y que con el tiempo se transfieren entre distintos ámbitos de estudio. Suelen referirse a ellos como “conceptos” o “categorías epistémicas” que son tan generales y ubicuas que tendemos a pensar que no tienen historia, aunque ciertamente la tienen. Los trabajos asociados a esta línea enfatizan que las prácticas científicas son anteriores a la explicitación de los conceptos, desligándose así de la historia de las ideas más tradicional<sup>75</sup> y, a mi modo de ver, enlazando con cuestiones genuinamente axiológicas. Es el caso, por ejemplo, de la historia desarrollada por Daston y Peter Galison en torno a la “Objetividad” (2007), quienes a través del estudio histórico de las prácticas científicas han pretendido dar cuenta de cómo la objetividad ha sido perseguida a través de prácticas específicas que responden a diferentes ideales<sup>76</sup>. Y en este sentido, teniendo en cuenta que la práctica científica está cargada de valores, la relación con la axiología resulta palpable<sup>77</sup>. Para dar cuenta de ello, pasaré a atender el trabajo que previamente Daston elaboró para abordar a la cuestión —a través de las “economías morales de la ciencia” — para ulteriormente argumentar por qué creo que, a pesar del indudable interés filosófico que genera este tipo de historiografías, la Epistemología Histórica no ofrece un marco de comprensión adecuado en el que insertar mi contribución.

#### II.4.1. Lorraine Daston: historia de los valores y economías morales de la ciencia

La dimensión estimativa de la ciencia es una cuestión que también ha sido abordada por historiadoras, no sólo por filósofos. Ejemplo de ello es el trabajo de Lorraine Daston en torno a lo que denominó “economías morales de la ciencia” (1995), perspectiva con al menos dos ideas compartidas con la Axiología Histórica que propongo. Con “economía” no se refirió a cuestiones

---

<sup>75</sup> Como señalan Feest y Sturm (2011), la historia tradicional de las ideas se relaciona íntimamente con la historia de los conceptos, entendiendo éstos cuando son asumidos y representados en las mentes de los actores históricos. Por esta razón, en lugar de utilizar la expresión “concepto epistémico”, Daston ha preferido hablar de “categorías epistémicas”, precisamente para referirse tanto a los conceptos, una vez concretados y explicitados, como a las prácticas epistémicas que conducen a su emergencia y desarrollo.

<sup>76</sup> En particular, mencionan tres ideales que influyen lo que se entiende como evidencia empírica: la “representación verdadera de la naturaleza”, en la que el científico selecciona y sintetiza rasgos observables cuya esencia puede ser representada visualmente; la “objetividad mecánica”, con la que se trata de eliminar cualquier preconcepción de los objetos de estudio a través del recurso representacional de dispositivos mecánicos; y el “juicio entrenado”, con el que el investigador es capaz de interpretar ciertos patrones de sus objetos de estudio agrupándolos por familias (Daston & Galison 2007).

<sup>77</sup> Una categoría como la “objetividad”, por ejemplo, puede entenderse también como un valor, el cual va evolucionando entre colectivos y períodos históricos distintos. Entender la objetividad como valor no es lo mismo que entenderla como categoría epistémica en el mismo sentido que en Daston y Galison (2007). A mi modo de ver, la objetividad puede entenderse desde muchas perspectivas, no sólo la axiológica. La objetividad también puede entenderse como una idea, un ideal, un objetivo, una creencia, un deseo o como un concepto científico, por poner algunos ejemplos.

relacionadas con la comercialización de bienes y servicios, el dinero o los mercados, sino a una suerte de balance estimativo que los científicos aplican condicionados por sus contextos históricos. Con “economías morales”, por tanto, ella aludió a “un sistema organizado que presenta ciertas regularidades”, particularmente a una “red de valores saturados de afectos que se mantienen y funcionan en una relación bien definida entre sí” (p.4). Aunque ella no profundizara en los aspectos y consecuencias filosóficas que subyacen a su enfoque, nótese cómo partió de un entendimiento de los valores sistémico, no concibiendo valores atómicos sin vinculación alguna entre sí. Con su referencia a lo “moral”, por otra parte, su perspectiva vinculó la dimensión estimativa con el mundo de los afectos y las emociones de los científicos, punto éste destacable y poco frecuente entre los axiólogos analíticos de la ciencia, a pesar de su importancia en las filosofías más generales del valor. No en vano sus referencias estuvieron ancladas en autores continentales, como el caso de Bachelard:

“En este uso, ‘moral’ conlleva todo su complemento de resonancias del siglo XVIII y XIX: se refiere a la vez a lo psicológico y a lo normativo. Como señaló Gaston Bachelard hace varias décadas, dotar de emoción a los objetos o acciones es casi siempre valorizarlos, y viceversa” (p. 4).

Siguiendo esta línea, Daston afirmó que “una economía moral es un sistema compensado de fuerzas emocionales, con puntos de equilibrio y limitaciones”, algo que bien puede entenderse mediante la distinción entre cotas mínimas y máximas de satisfacción de valores (I.4). Esta autora, por su parte, hizo ahínco en que los valores están de hecho íntimamente vinculados con experiencias emocionales que trascienden a las prácticas científicas:

“Aunque es algo contingente, maleable y no necesario, una economía moral tiene una cierta lógica en su composición y operaciones. No toda la estabilidad e integridad de una economía moral se deriva de sus vínculos con actividades, como la medición de precisión o el empirismo colaborativo, que la anclan y afianzan pero no la determinan” (p. 4-5).

Ella aludió a características psicosociales y culturales que permean la vida interior de los científicos y que suponían ser requisitos contingentes que influyen en las prácticas epistémicas, sin llegar a determinarlas. Efectivamente, otro rasgo compartido con mi enfoque es la afirmación de que los sistemas de valores son condiciones necesarias previas a cualquier racionalidad aplicada por los científicos: “no son simplemente compatibles con las economías morales, sino que requieren economías morales” (p. 3). Todo ello es perfectamente compatible con los apuntes de varios de los axiólogos que resaltaba en el primer capítulo, como el caso de Putnam, para quien los valores epistémicos no eran más que una parte de su concepción holística del florecimiento humano:

“Una de las finalidades de mi estudio acerca de la racionalidad es ésta: tratar de mostrar que nuestra noción de racionalidad es, en el fondo, solamente una parte de nuestra concepción del florecimiento humano, es decir de nuestra idea de lo bueno. En el fondo,

la verdad depende de lo que recientemente se ha denominado ‘valores’” (Putnam 2008 [1981], p. 78).

Las economías morales propuestas por Daston, por tanto, son compatibles con afirmar que toda racionalidad, incluida la que los geólogos puedan aplicar en la formalización del Antropoceno, presupone una ineludible idea de lo que es bueno, y por tanto de lo que es valioso. El aporte de Daston es interesante, no sólo por su converger en posturas similares a través del estudio histórico, sino porque ella se refirió a estados mentales asociados a colectivos científicos, no a individuos<sup>78</sup>. Como nuestro más adelante, ésta es también una clave para comprender la dinámica sociohistórica de los valores implícitos en la formulación del Antropoceno, máxime si para ello alude a la teoría de los estilos y colectivos de pensamiento de Fleck y se distancia de perspectivas como la de Merton:

“A diferencia de las normas mertonianas, las economías morales se crean, modifican y destruyen históricamente; son impuestas por la cultura y no por la naturaleza y, por tanto, son mutables y violables, y están integradas en las formas de conocer” (Daston 1995, p.7).

Para ilustrar su posición de forma más explícita, Daston analizó tres ejemplos de economías morales relacionados con las prácticas de cuantificación, el empirismo y la objetividad. Con la práctica de cuantificación se refirió a muchos tipos de procedimientos, desde una simple contabilización numérica hasta un cálculo más complejo de probabilidades. Contrariamente a lo que generalmente se cree, ella mostró que en algunos casos el valor más estimado entre científicos no es tanto la “exactitud” —es decir, la correspondencia entre hechos matemáticos y la realidad observable— sino la “precisión”, es decir, la claridad e inteligibilidad de los conceptos independientemente de su relación con la realidad observable. La autora puso como ejemplo a Leibniz, quien no dudó en sostener que un grupo de matemáticos sólo tardaría unos días en elaborar una *Characteristica Universalis*, o lenguaje universal, que permitiera formalizar todos los discursos racionales y estéticos imaginables y, por tanto, la representación de todas las realidades posibles, lo que no significa el mundo tal y como es. Según Daston, en la tradición leibniziana existía —e incluso en la ciencia contemporánea— una economía moral de la cuantificación que eximía a los académicos que hacían referencia a ella de realizar cualquier verificación de los datos producidos, permitiéndose seguir adhiriéndose a ellos incluso si habían demostrado ser inexactos. Esta economía moral encontraba su legitimidad en la preponderancia de otros valores, como la “imparcialidad”, la “claridad” y la “comunicabilidad” de los números, las operaciones y los modelos. Al hacer de la ciencia una práctica distanciada de la naturaleza, la precisión del método garantizaba valores sociales y morales, como la “comunicabilidad”, el “entendimiento compartido” y la “integridad” del científico, y todo ello en detrimento del valor de la “exactitud” a la hora de representar el mundo. Valores como la “precisión” o la “claridad”

---

<sup>78</sup> La noción de “economías morales” proporcionada por Daston no está suficientemente desarrollada como para tratar de dilucidar con meridiana claridad los presupuestos filosóficos de su definición. Sin embargo, parece que su referencia expresa a los “estados mentales”, así como el afirmar que las economías morales “se crean, modifican y destruyen históricamente”, apuntan a una perspectiva que linda entre el subjetivismo y el intersubjetivismo de los valores. Las economías morales no se refieren a los valores contenidos en objetos, teorías, materiales o planes de investigación. Son estados mentales colectivos.



conceptual incurrieron, de hecho, en “ciertas formas de obligación moral y disciplina” (p. 10), como la contención del juicio, la sumisión a las reglas o la sociabilidad entre colegas.

Algo parecido ocurre con su análisis del empirismo. A diferencia de la ciencia aristotélica en busca de universales y teorías generales, la ciencia moderna se basó en lo individual y lo específico, y donde la “experimentabilidad” pasó ser un valor cuya satisfacción devino indispensable. Su carácter fáctico, y en ocasiones único, requirió la presencia de testigos que dieran fe de la veracidad de los hechos afirmados por el científico, y cuya credibilidad debía, por tanto, ratificarse. Sin embargo, si se desarrollaba un experimento no presenciado por alguna otra persona, en algunas ocasiones prevalecía el valor social de la “credibilidad” otorgada al científico. Daston (1995, p. 14) puso como ejemplo la *Académie des Sciences* francesa, que se vio incapaz de reproducir los barómetros de luz de Johann Bernoulli y, no obstante, se otorgó a éste el beneficio de la duda. Por lo tanto, el valor de la “confianza” en los testigos y en el investigador, más que en valores epistémicos como la “reproducibilidad” del experimento, supuso ser toda una economía moral de la ciencia empírica de dicho contexto histórico.

En cuanto a la “objetividad”, el valor por antonomasia de la actividad científica, Daston afirmó que se había ido presentando históricamente de diversas maneras. Una de ellas es la “objetividad sin perspectiva”, con la que la evidencia científica suponía ser objetiva en la medida en que era capaz de movilizar toda una comunidad de científicos cuyo trabajo colectivo permitía, efectivamente, objetivar los hechos que el investigador en solitario no podía. Se contribuía así a una especie de ciencia internacional en la que, según Claude Bernard, la individualidad del científico debía desaparecer tras el anonimato de la ciencia. En estos casos, según Daston, la economía moral de la objetividad conllevaba valores como la “solidaridad” y la “transmisibilidad”, y que se traducían en un compromiso impersonal y colectivo que relegaba al pasado disvalores como la “vanidad” personal<sup>79</sup>. El punto destacable, de nuevo, es que la objetividad resultaba ser un valor cuyo cumplimiento era inseparable de la satisfacción de otros muchos valores, incluidos morales y sociales. Estos tres ejemplos —cuantificación, empirismo y objetividad— ilustran, de hecho, cómo el carácter sistémico y pluralista de los valores resulta fecundo, en este caso mostrando, además, cómo sus vinculaciones pueden variar entre colectivos y momentos históricos diferentes<sup>80</sup>. De ahí que unos mismos valores epistémicos puedan concebirse y aplicarse de distinta manera, como afirmó Kuhn (1982 [1977]). Tanto la consideración colectivista de los valores como la afirmación de la existencia de criterios axiológicos previos a la racionalidad científica son rasgos que Daston destaca y que, de hecho, son compatibles con las consideraciones filosóficas vistas en el primer capítulo.

El planteamiento de esta historiadora, no obstante, presenta al menos una insuficiencia que por mi parte prefiero evitar. Y es que Daston utiliza unas nociones de “valor” y “moral” que, a mi juicio, no aportan un orden analítico suficientemente preciso, coherente y fecundo como para considerar las “economías morales de la ciencia” como una noción útil a la hora de analizar la pluralidad de valores que permean la actividad científica. Su aportación no es en ningún caso desdeñable, puesto que en su disciplina partió de un vacío en recursos teóricos al respecto:

---

<sup>79</sup> Me refiero a la “vanidad” como disvalor en tanto que suele concebirse como un valor negativo, pero en el hipotético caso de que un colectivo estime positivamente dicha cualidad, entonces podría hacerse referencia a la “vanidad” como un valor.

<sup>80</sup> Como escribe Daston, “el honor entre los científicos no es exactamente lo que era entre los caballeros, y el ascetismo entre los científicos no es exactamente lo que era entre los devotos” (1995, p. 24).



“Aunque la historia de la ciencia atestigua la existencia y la importancia de las economías morales, estos estudios aún no han cristalizado en torno a una rúbrica común, y mucho menos se han agrupado en torno a una norma común” (1995, p. 3)

Y además, su contribución pretendió también suscitar el interés entre filósofos, y no sólo entre historiadores:

“Y porque las economías morales son parte de lo que una puede llamar Epistemología Histórica —una historia de las categorías de facticidad, evidencia, objetividad y demás— deberían interesar tanto al filósofo como al historiador” (*Ibid.*, p. 23-24).

Sin embargo, desde el punto de vista filosófico, y más concretamente pluralista, el concepto de economías morales no parece ser suficiente para analizar pormenorizadamente la rica y compleja variedad de valores presentes en la actividad científica, así como de las distintas formas en las que éstos influyen en su desarrollo. Si bien Daston no se refirió en exclusiva a valores éticos o normativos, sino que más bien entendió la moral como un conjunto de valores y costumbres culturales que impregnan la conducta de los científicos, la noción apunta ante todo a la dimensión psicológica —a los “estados mentales” (p. 4)— de los colectivos científicos y el comportamiento autodisciplinario que en muchas ocasiones desarrollan. Atiende al fuero interno y emocional de los colectivos, por así decirlo, más que a una axiología coercitiva externa<sup>81</sup>. Y sin perjuicio de que ese sea un componente indispensable a tener en cuenta, no es el único para comprender la axiología que subyace a la conceptualización del Antropoceno.

Las economías morales de Daston pueden parecer semejantes a las “matrices colectivas” a las que me referiré más adelante (II.5.1), pero en realidad las primeras están subsumidas en las segundas. Las matrices, como se verá, aluden a la actividad estimativa de los colectivos desde una perspectiva más amplia: no sólo reduciéndose al carácter moral que subyace a sus actuaciones, sino también a los aspectos políticos, económicos, jurídicos o ecológicos que impregnan sus axiologías. A menudo estos aspectos no se presentan en forma de valores convivenciales o en sentimientos que unen o separan a los investigadores, sino en forma de políticas, objetivos, intereses, normas o reglamentaciones. También hay valores detrás de ellos, que difícilmente pueden ser analizados bajo una única rúbrica —la moral— que encapsula toda modalidad de valor. De ahí que haya optado por considerar un *pluralismo axiológico* (I.4), donde los valores morales se especifican en una semántica más definida y donde son distinguibles de otros tipos de valores, pudiendo analizarse las distintas combinaciones entre sí. Todos ellos pueden hacer que la “objetividad”, como valor epistémico, se trate de satisfacer de diversas maneras en función de su interrelación con otros valores de su mismo sistema, que no son sólo epistémicos o morales. Por eso, en este sentido, el marco conceptual propuesto en el primer capítulo resulta considerablemente más amplio y versátil, puesto que puede ser aplicado también al

---

<sup>81</sup> Más adelante, junto Peter Galison, distinguió entre lo ético y lo moral de la siguiente manera: “la ética se refiere a los códigos normativos de conducta que están ligados a una forma de estar en el mundo, un *ethos* en el sentido de la disposición habitual de un individuo o grupo, mientras que la moral se refiere a las reglas normativas específicas que se pueden defender o transgredir y a las que se puede exigir responsabilidad” (Daston & Galison 2007, p. 40).

discernimiento de otras dimensiones de la práctica científica que trascienden el ámbito de la autodisciplina moral de los colectivos.

Cabe señalar también que existe cierta incoherencia en el uso del término “valor” por parte de Daston. Ella define a las economías morales refiriéndose a ellos, e incluso hace referencia explícita a la discusión entre filósofos sobre “ciencia y valores”, pero a continuación la noción se entremezcla con la de “virtud” y se pasa a hablar de un conjunto de hábitos que determinan el carácter de los científicos. Basten estos ejemplos para dar cuenta de ello:

“En medio de esta pluralidad de formas que ha asumido la cuantificación científica, sólo algunas han aspirado a la exactitud, es decir, a un ajuste estrecho entre las matemáticas y un conjunto selecto de fenómenos, aunque ésta es la *virtud* más atendida y alabada por los historiadores” (p.8, la cursiva es mía).

“La imparcialidad es ante todo una *virtud* jurídica más que científica, y a lo sumo un requisito previo más que una garantía de la verdad de un veredicto” (p. 10, la cursiva es mía).

“Olesko identifica correctamente la integridad como la *virtud* cardinal en la medición de precisión, aplicada simultáneamente al carácter de los responsables de la medición y a la calidad de la medida” (p.12, la cursiva es mía).

No es de extrañar, entonces, que pocos años después Daston pasara a hablar de “virtudes epistémicas”<sup>82</sup> (Daston & Galison 2007, pp. 39-42). Si seguimos el orden conceptual esbozado en el primer capítulo, por ejemplo, se puede entender que las virtudes conllevan valores, así como la presencia de ciertos valores pueden estar asociados al ejercicio práctico de ciertas virtudes. No obstante, conviene distinguir ambas nociones, en tanto que hay ocasiones en las que los valores pueden ejercer un rol en la práctica científica sin necesidad de que éstos se identifiquen con ciertos hábitos interiorizados por los científicos. Piénsese que la “honestidad”, por ejemplo, puede ser considerada como un valor y una virtud, pero comportan significados diferentes: una es un hábito sostenido en el tiempo y la otra un valor que se presencia en una acción particular. En palabras de Echeverría:

“En la medida en que una persona ha interiorizado determinados valores y los ha hecho suyos, por ejemplo, a lo largo de su formación como científico, las acciones que realice en tanto agente científico estarán impregnadas por dichos valores. Las virtudes son valores convertidos en hábitos, es decir, en pautas de comportamiento aplicables a los diversos escenarios donde intervengan los agentes que poseen dichas virtudes, epistémicas o de otro tipo” (Echeverría 2002, p. 194).

En resumen: la aportación de Daston es destacable en tanto que su historiografía representa cómo la investigación histórica puede inspirar la reflexión filosófica, en este caso sobre la presencia y el rol de los valores en la práctica científica. Las economías morales suponen un ejemplo de cómo

---

<sup>82</sup> Concepto cuyo modo de empleo también ha causado fuertes críticas (véase Kusch 2009).

la historia requiere de una base filosófica para narrar satisfactoriamente acontecimientos particulares. Ahora bien, dichas nociones pueden ser mejoradas si presentan limitaciones analíticas, o si se puede articular otro marco de entendimiento más amplio, claro y coherente. Es el caso de las economías morales y que según Daston son parte “de lo que una puede llamar Epistemología Histórica” (1994, p. 23). Por mi parte, afirmo que las dinámicas axiológicas a lo largo de la historia de las ciencias son más amplias y complejas que las referidas por las economías morales y, como sostengo a continuación, su estudio se inserta mejor en un orden categorial diferente.

#### II.4.2. Críticas a la Epistemología Histórica como orden categorial

Al comienzo de este apartado he aludido al estilo de investigación de Rheinberger, el cual tiene un punto importante a destacar para aclarar por qué la Epistemología Histórica ha suscitado no pocas controversias como categoría de investigación. Según él, su trabajo trata de desplegar un enfoque integrador similar al de Canguilhem, en el que la historia y la filosofía de la ciencia “ya no deben considerarse como actividades independientes entre sí”, puesto que “no tienen sentido la una sin la otra” (2011, p. 110). Y para ello recurre al “Objeto de la historia de las ciencias” de Canguilhem:

“Sin referencia a una epistemología, una teoría del conocimiento no sería más que una cavilación en el vacío, y sin relación con una historia de las ciencias, una epistemología sería una duplicación completamente superflua de la ciencia de la que pretende hablar” (Canguilhem 2005 [1968], p. 200).

Tanto Rheinberger como Canguilhem desarrollan formas integradas de filosofía e historia de la ciencia en la que hay una diferencia sustantiva entre lo que se entiende por “epistemología”, por una parte y “teoría del conocimiento”, por otra. Dicha distinción es relevante, dado que difiere notablemente de las concepciones habituales dentro de la cultura académica anglosajona. La expresión “Épistémologie Historique”, de hecho, posee una semántica ausente en su traducción al inglés como “Historical Epistemology”. Como se ha mostrado en el anterior apartado, desde Auguste Comte la “épistémologie” es para los franceses un estudio crítico intrínseca y necesariamente histórico de las hipótesis, principios y resultados de las diferentes ciencias, lo cual difiere de la perspectiva metodológica asociada a la “teoría del conocimiento” anglosajona. Rheinberger lo explica así:

“El uso que hago del término epistemología requiere de una breve explicación. No lo utilizo como sinónimo de una teoría del conocimiento [*Erkenntnis*] que indaga sobre lo que hace que el conocimiento [*Wissen*] sea científico, como era característico de la tradición clásica, especialmente en los países de habla inglesa. El concepto se utiliza aquí, siguiendo la práctica francesa, para reflejar las condiciones históricas en las que las cosas se convierten en objetos de conocimiento, así como los medios a través de los cuales lo hace. Se centra, pues, en el proceso de generación de conocimiento y en las formas en que se inicia y se mantiene [...]. Este cambio en la constelación de problemas es al mismo

tiempo el núcleo de la epistemología y el punto de partida de su historización” (Rheinberger 2010, pp. 2-3).

Esta cita de Rheinberger es relevante porque las tres líneas de investigación del MPIWG anteriormente señaladas por Feest y Sturm (2011) habitualmente se catalogan bajo el rótulo de la Epistemología Histórica. Y sin embargo, puede resultar equívoco asociar gran parte de los trabajos que se adscriben a dicho rótulo con estilo francés de la *Épistémologie Historique*. Una de las críticas más relevantes al respecto ha sido realizada por Yves Gingras (2010), quien afirma que se trata de una etiqueta innecesaria o, más bien, que basa su necesidad en la justificación de instituciones que buscan subsidios y un posicionamiento en el competitivo “mercado de ideas”, refiriéndose concretamente al MPIWG (p. 441).

Para Gingras, el trabajo de Rheinberger es el único que responde coherentemente a la idea de una Epistemología Histórica, en tanto que apunta a una tradición que redefine la forma de comprender la naturaleza del conocimiento<sup>83</sup>. Sin embargo, el resto de los trabajos que se engloban bajo el mismo rótulo, como el trabajo de Daston y Galison (2007), no suscitan una genuina reflexión epistemológica a través del estudio histórico, sino que más bien tratan de elaborar historias *de* y *con* ideas epistemológicas. No reformulan el modo de comprensión filosófica de la naturaleza, posibilidades, alcances y fundamentos del conocimiento científico —como en Bachelard o Rheinberger— sino que escriben las historias de dichas comprensiones. En parte por ello que Gingras se refiera a la Epistemología Histórica como una marca estratégica para dotar de legitimidad, coherencia y proyección a ciertas instituciones a nivel internacional, fomentando así la transferencia de conocimientos generados a partir de sus agendas de investigación.

Ante esta crítica, Méthot (2013) considera que, independientemente del uso de expresiones polémicas, las contribuciones del MPIWG han propiciado nociones interesantes para la reflexión epistemológica, como la de “cosas epistémicas” o “sistemas de experimentación” propuestas por Rheinberger. Por su parte, Braunstein (2012) ha respondido diciendo que no se trata de una marca, dado que “es imposible crear un mercado de la nada, nada puede venderse si no responde a una necesidad determinada” (p. 33). Para este último, la expresión “Epistemología Histórica” es pertinente porque da respuesta a una demanda, y por ello persiste desde sus comienzos. Por mi parte, diré que argumentar que la Epistemología Histórica es una marca académicamente rentable para un centro de investigación no implica que éste no esté generando, ciertamente, nuevas modalidades de conocimiento interesantes y pertinentes. Sí implica decir que la expresión conlleva una incoherencia semántica con respecto a las tradiciones a las que aludía originariamente Rheinberger. En cualquier caso, como argumentan Sturm y Feest, la discusión no debería anclarse en cuestiones meramente terminológicas:

“Si Gingras tuviera razón al afirmar que Daston y Renn no pretenden en absoluto hacer epistemología, probablemente tendríamos que decir lo mismo de otros programas de

---

<sup>83</sup> Hay que tener en cuenta que la expresión “Epistemología Histórica” también fue empleada en Estados Unidos a través de Marx Wartofsky —uno de los dos fundadores del *Boston Studies in the Philosophy of Science*—, quien la usó para aludir a su perspectiva marxista en el estudio histórico de la ciencia, al igual que haría el lógico polaco Jerzy Kmita en *Problems in Historical Epistemology* (Gingras 2010, p. 443). En el caso de Wartofsky, sus influencias no provinieron de la tradición francesa, pero su obra se asemeja a su estilo en tanto que subrayó cómo la actividad cognitiva depende también de algunas prácticas humanas que cambian históricamente.

orientación empírica, como el de Piaget o el de Quine, o también de los enfoques naturalistas más recientes dentro de la filosofía de la ciencia. La cuestión no puede decidirse, como intenta hacer Gingras, por cuestiones terminológicas. Si se quiere negar el valor epistemológico de tales formas de hacer historia de la ciencia, hay que comprometerse también con sus objetivos, métodos, teorías y resultados concretos de investigación” (Feest & Sturm 2011, p. 297).

Feest y Sturm están en lo cierto cuando afirman que hay un cuerpo común de metas, métodos y teorías, como el estudio de los contextos específicos de las ciencias y sus contrastes a lo largo del espacio y el tiempo, uniendo así el estudio macro-histórico con el micro-histórico. Asimismo, en las tres líneas de investigación que distinguen se hace hincapié en las prácticas epistémicas que llevan a la emergencia o transformación de objetos, conceptos o sistemas de conocimiento a lo largo de la historia. Sin embargo, a mi modo de ver, si la cuestión no se puede resolver a nivel terminológico, tampoco puede resolverse atendiendo a una selección arbitraria de cualidades comunes. Nos encontramos en un espacio fronterizo entre formas de investigación con alto número de elementos compartidos, no cabe duda, y que en función de los criterios de selección los trabajos pueden englobarse en una categoría u otra. Lo que sí cabe confirmar es que la etiqueta ha llegado a tener multitud de significados, algunos incompatibles entre sí, y ha dado nombre a enfoques significativamente distintos al carácter presentista de la *Épistémologie Historique*. Tal y como afirma Chimisso, “sus objetivos son diferentes” en tanto que “el objetivo de la Epistemología Histórica clásica, y en primer lugar de Bachelard, era responder a las preguntas filosóficas sobre la mente, y producir una teoría del conocimiento”, y por ello “la Epistemología Histórica actual no parece ser una epistemología en el sentido tradicional, sino una historia de los objetos epistemológicos” (2014, p. 742). En este sentido, por mi parte prefiero mantener un orden categorial diferente. Una cosa es que resulte útil reunir bajo un mismo título distintas tendencias para legitimar la actividad de un centro de investigación, como ha argumentado Gingras (2010), y otra cosa es que resulte coherente con las bases filosóficas e historiográficas de las que parte mi contribución. Explicaré por qué.

En un principio, Lorraine Daston llegó a afirmar que Ian Hacking era “uno de los más hábiles practicantes de la Epistemología Histórica” (Daston 1989, p. 283). Y para muchos autores, el hecho de que los trabajos del filósofo canadiense historicen la razón, lo que cuenta como proposición científica y lo que ocurre a lo largo del tiempo a ciertas entidades científicas, es suficiente para catalogarlos dentro de la Epistemología Histórica (Kusch 2010). Sin embargo, el propio Hacking pronto insistió en desligar sus trabajos de esta etiqueta<sup>84</sup>. Prefirió denominar su trabajo como “Meta-Epistemología Histórica” para subrayar la diferencia entre niveles de abstracción con respecto a la teoría histórica del conocimiento:

“[La Meta-epistemología Histórica] es, en primer lugar, ‘meta’ epistemología en el sentido de que habla de conceptos muy generales u organizadores que utilizamos hoy, y que tienen que ver con el conocimiento, la creencia, la opinión, la objetividad, el desprendimiento, la prueba, la probabilidad, el argumento, la razón, la racionalidad o la evidencia. No es directamente epistemología, en el sentido de una teoría del conocimiento

---

<sup>84</sup> Hay que tener en cuenta que la Epistemología Histórica, como expresión contemporánea emergida en los 90, apareció después de que Hacking iniciara sus investigaciones en filosofía histórica de la ciencia, los cuales comienzan al menos dos décadas antes.

(etc.), sino un estudio de las ideas sobre el conocimiento o de los usos del mismo” (Hacking 1999, p.53).

Los trabajos de Hacking no exploran algo así como “biografías de objetos científicos” (Daston 2000), como sí lo hacen las investigaciones de Rheinberger en torno a las partículas citoplasmáticas (1997, 2000), Davidson en torno a la sexualidad (2002) o Navarro en torno al éter (2018). A él le interesaban conceptos epistémicos de un nivel de abstracción superior, como la objetividad, la evidencia o la explicación científica. De ahí que introdujera el prefijo “meta-”, para referirse a un estudio histórico de los fundamentos metodológicos y conceptuales de la epistemología. Siguiendo esta distinción, Daston habría trabajado en Epistemología Histórica en sus investigaciones sobre objetos científicos (Daston 2000), pero también lo habría hecho en Meta-epistemología Histórica en sus trabajos en torno a la observación (Daston 2008, Daston & Lunbeck 2011) o la objetividad (Daston & Galison 2007). Refiriéndose a esta última modalidad de trabajos de Daston, Hacking insiste en la diferencia:

“El hecho es que Daston y sus colegas no hacen epistemología. No proponen, defienden o refutan teorías del conocimiento. Estudian los conceptos epistemológicos como objetos que evolucionan o mutan en el tiempo. Su trabajo tendría un nombre más acertado si se llamara ‘Meta-epistemología Histórica’” (Hacking 2002, p. 589).

De aquí es fácilmente reconocible el concepto de “epistemología” típicamente anglosajón que maneja Hacking, pues la relaciona con la proposición, defensa y refutación de teorías del conocimiento. Difiere de la concepción francesa que utiliza Rheinberger (2010, pp. 2-3), adscrito al MPIWG al igual que Daston y que, como he señalado anteriormente, dejó claro que con “epistemología” no se estaba refiriendo a la “teoría del conocimiento”. Sin embargo, Hacking quiso distanciarse terminológicamente de los trabajos de Daston y seguir con la coherencia categorial de la perspectiva analítica en filosofía de la ciencia:

“Lorraine Daston, que sirvió para ejemplificar mi paradigma de la Meta-epistemología Histórica, se formó como historiadora y practica su especialidad. Tiene, lo que es poco común entre los historiadores, una sensibilidad filosófica. Yo me he formado como filósofo analítico, pero puede que tenga más sensibilidad histórica que algunos de mis colegas. Así que los historiadores y los filósofos pueden hablar entre sí, pero sus intereses difieren” (Hacking 2002, p. 597-598).

Hacking está de acuerdo con Gingras (2010) al afirmar que la *Épistémologie Historique* posee un sentido crítico del conocimiento fundamentado en la historia que no es extrapolable a la Epistemología Histórica promulgada por el MPIWG. Por eso prefirió referirse a la “epistemología” como rama de la filosofía que aborda la variedad, fundamentos y validez del conocimiento, donde no hay, en principio, crítica *à la française* alguna. Y en este contexto,



enmarcó sus trabajos en sintonía con la “meta-epistemología” del mundo anglosajón<sup>85</sup>. De modo que el uso del concepto “Meta-epistemología Histórica” es coherente con el trabajo de Hacking si partimos de la concepción de la epistemología como sinónimo de teoría del conocimiento.

Posteriormente, Hacking incluyó su “Meta-epistemología Histórica” como una categoría incluida en lo que denomina “Ontología Histórica”: “la Meta-epistemología Histórica se inscribe en el marco del concepto generalizado de Ontología histórica que estoy desarrollando ahora” (Hacking 2002, p. 589). Esta expresión fue, en un principio, referida por Michel Foucault como “ontología histórica de nosotros mismos” en su *What is Enlightenment?* (1997, pp. 316-318) y que Hacking ha pretendido generalizar<sup>86</sup>. Con ello, el filósofo e historiador canadiense trata de dar cuenta de cómo fenómenos tan divergentes como la probabilidad, la modelización del abuso infantil o las enfermedades mentales transitorias comparten un aire de familia estudiadas por la Ontología Histórica, la cual se ocuparía de estudiar cómo estos objetos de estudio científico emergen bajo ciertas circunstancias históricas. Su trabajo apunta, ante todo, a la ontología de las ciencias humanas y sociales, aunque a mi modo de ver pone sobre la mesa la cuestión de si el estudio de las trayectorias históricas de los objetos de estudio en ciencias naturales, como el éter o el flogisto, son también una ontología histórica, y no sólo una epistemología histórica.

Las acuñaciones de Hacking no han calado tanto como la Epistemología Histórica, posiblemente porque la mayoría de sus practicantes no son filósofos, sino investigadores formados como historiadores de la ciencia. Por mi parte añadiré que, además de una Epistemología y una Ontología Histórica, ha de desarrollarse una Axiología Histórica. En lugar de aglutinar todo el trabajo histórico-filosófico de la ciencia en una sola categoría, sea por el motivo que sea, conviene distinguir entre diversas perspectivas para así trabajar con mayor orden y claridad, lo cual no implica, por supuesto, que los diferentes enfoques se excluyan entre sí. La epistemología, la ontología y la axiología son interdependientes, no cabe duda, pero entremezclarlas en una misma categoría puede llevar a confusiones y discusiones como la expuesta en este subapartado. Hacking distinguió los trabajos de Daston en Epistemología Histórica de los de la Meta-epistemología Histórica. Señalaré, en esta línea, que Daston también ha trabajado en Axiología Histórica con sus “economías morales de la ciencia” (1995), sin perjuicio de que su marco conceptual pueda verse complementado por las aportaciones en axiología analítica de la ciencia.

## II.5. Caracterización historiográfica de la Axiología Histórica

El estudio explícito de los valores realizado por historiadores suele presentar, a mi modo de ver, una serie de asunciones filosóficas un tanto difusas en comparación con las contribuciones de los axiólogos de la ciencia. En relación con las “economías morales”, discutidas en el anterior apartado, Daston afirma que “porque las economías morales forman parte de lo que podríamos llamar Epistemología Histórica —una historia de las categorías de facticidad, evidencia, objetividad, etc.— deberían interesar tanto al filósofo como al historiador” (Daston 1995, p. 24). Pero este tipo de nociones tienden a ser más satisfactorias para los historiadores que para los

---

<sup>85</sup> A grandes rasgos, la meta-epistemología se define como “la rama de la epistemología que se pregunta por las cuestiones epistemológicas de primer orden” (Kyriacou 2020, p. 1).

<sup>86</sup> La inspiración en el pensamiento foucaultiano introduce a colofón una serie de inclinaciones particulares — como los ejes de conocimiento, poder y ética— dado que su ontología histórica pretende desmitificar la fuerza legitimadora que adquieren los conceptos cuando tienden a concebirse como conceptos trascendentales, permanentes en el tiempo (Foucault 1997).



filósofos, puesto que conllevan la asunción intuitiva de nociones que, a mi modo de ver, desde la axiología discurren con mayor coherencia y precisión. Por eso, en este punto, muchas de las herramientas conceptuales de la Axiología Histórica recurren a las aportaciones expuestas en el primer capítulo.

La diferencia que planteo con respecto a la axiología de la ciencia de corte anglosajón, eso sí, reside en la intrínseca conjugación del estudio de los valores con el desarrollo de una historiografía muy particular, en parte inspirada en la *Épistémologie Historique* y contribuciones como la de Ludwik Fleck, todas ellas elaboradas fuera del contexto académico anglosajón. Como decía en el primer capítulo, la Axiología Histórica que propongo comparte varios rasgos con algunas de las tendencias historicistas en axiología, especialmente con las que abogan por el estudio *a posteriori* de los valores, pero también afirmaba que la historia que esperan estos axiólogos está a veces basada en un paradigma “teoría-evidencia” altamente problemático. De ahí que no se trate de desarrollar una axiología naturalizada basada en la historia, sino una axiología que, además de analizar empíricamente una serie de documentos, también sea en sí misma una historia crítica y atenta a lo recurrente, al contexto axiológico que influye en la propia aparición de las prácticas y a los aspectos sociales de las interacciones entre personas. Por eso resulta pertinente incorporar otras ventajas que sí presenta el estudio de la dimensión estimativa por parte de autores cuyos aportes se ubican fuera de las corrientes analíticas en filosofía de los valores. Aquí mencionaré dos, las cuales se desprenden de las conclusiones derivadas en anteriores apartados: la adopción de un *presentismo crítico* como enfoque historiográfico y la atención a la *dimensión social de los valores*.

### II.5.1. Matrices colectivas y la dimensión social de los valores

En cuanto a la dimensión social de los valores, es importante señalar que los valores no siempre tienen por qué estar explícitos en los documentos de investigación. De hecho, el propio Echeverría afirma en su propuesta que “particular importancia tienen las creencias y valores ocultos, es decir, aquellos que no se expresan como reglas ni como normas, y ni siquiera como criterios explícitos de valoración, pero que sin embargo influyen (a veces mucho) en los procesos de toma de decisiones” (Echeverría 2018, p. 223). La axiología conectaría de este modo con la sociología de la ciencia, aunque en su propuesta de momento no queda claro de qué modo puede articularse efectivamente dicha conexión. Quizás uno podría acudir a la sociología del conocimiento científico desarrollada en los 70 y 80, que a su vez tuvo un impacto importante entre los historiadores, quienes experimentaron la inclusión de tesis constructivistas especialmente en lo concerniente a la historia social y cultural de la ciencia<sup>87</sup>. Sin embargo, ya he mencionado

---

<sup>87</sup> A mediados de los 80 los historiadores siguieron a los sociólogos en el estudio de pequeños grupos de científicos, examinando las prácticas en el laboratorio y —estimulados especialmente por el trabajo de Harry Collins en Bath— poniendo atención a las controversias científicas (Golinski 2005 [1998], Miller 2011). En este sentido, la intersección entre sociología e historia de la ciencia devino, ciertamente, fecunda. Muchos trabajos relevantes, como *Leviathan and the Air-Pump* (Shapin & Schaffer 1985) o *A Social History of Truth* (Shapin 1994), supusieron de hecho una integración de tesis sociológicas en la historia de la ciencia. Siguiendo a Daston (2001), los programas en sociología del conocimiento científico supusieron un estímulo intelectual para los historiadores en al menos tres aspectos. Primero, los escritos aportaron estudios minuciosos sobre las formas en que las controversias científicas se resuelven en la práctica social, en conjunto con la focalización de Kuhn en períodos concretos de conflicto entre paradigmas. Segundo, amplió la concepción de lo que podía o no entenderse por “ciencia” en base a reflexiones en torno a su legitimación social como tal. Tercero, estimuló una exploración más amplia de las convicciones científicas

anteriormente mi desacuerdo con cualquier tipo de reduccionismo sociologicista y la vigencia, a pesar de su anterioridad, de la perspectiva fleckiana a la hora de dar cuenta de las condiciones sociohistóricas en las que se desarrolla la práctica científica (II.3.3). Las “economías morales” de Daston (1995, p. 5), de hecho, se inspiran en buena parte en su concepción colectivista de la actividad científica, en la cual las emociones y los sentimientos de grupo juegan un papel ineludible en la estimación de un hecho científico. Aquí daré un paso más y hablaré de “matrices colectivas” de valores, basándome en las concepciones vistas en el primer capítulo y la necesidad de considerar la dimensión social de los valores en el desarrollo histórico del Antropoceno científico.

Ya he mencionado que Fleck se refería al “colectivo de pensamiento” [*Denkkollektiv*] como “la comunidad de los hombres que tienen entre ellos un contacto intelectual y que se intercambian las ideas influenciándose recíprocamente” (1986 [1935], p. 23). También he aludido al “estilo de pensamiento” [*Denkstil*], que según Fleck sería el conjunto de asunciones, conceptos, creencias, ideas, destrezas, etc., que condicionan y dirigen la actividad cognitiva de los colectivos (*Ibid.*). Con estas y otras nociones —como las protoideas, las conexiones activas y pasivas, la armonía de ilusiones, etc.— su pretensión fue elaborar una epistemología sociohistórica de la ciencia cuyo éxito heurístico sigue siendo palpable tanto entre historiadores como entre sociólogos y epistemólogos de la ciencia. No ha sido así entre los axiólogos, por el momento, por lo que es aquí donde creo oportuna una adecuada reinterpretación de la teoría de Fleck que combine coherentemente con el orden analítico propugnado en el primer capítulo. Por tanto, dado que la axiología se centra en los valores que guían la conducta humana, y no tanto en los conocimientos producidos, aquí no hablaré de estilos de pensamiento. Me referiré a *matrices colectivas*, cada una de las cuales puede definirse como el *sistema de valores que guía la actividad colectiva de un grupo social particular*<sup>88</sup>.

Las matrices colectivas pueden caracterizarse por una pluralidad de valores —tanto epistémicos como contextuales— vinculados sistémicamente entre sí, ejerciendo como condiciones de posibilidad de cualquier instancia cognitiva, co-evolucionando históricamente y conformándose mediante la interacción e influencia social entre individuos<sup>89</sup>. No son como las “economías morales” a las que se refería Daston (1995), ni tampoco representan necesariamente virtudes. Si

---

bajo el tratamiento “simétrico” de creencias tanto falsas como verdaderas, lo cual fomentó un tratamiento “anti-whiggish” entre historiadores de la ciencia. En general, Daston afirma que el impacto del constructivismo supuso subrayar los aspectos contingentes del desarrollo del conocimiento científico, en contraste con las narraciones históricas previas del progreso inexorable de la ciencia. Para los sociólogos e historiadores, esto supuso una liberación, pero para los filósofos ello implicaba ignorar muchos aspectos epistemológicos ineludibles que subyacían implícitamente a los programas constructivistas en sociología de la ciencia.

<sup>88</sup> El término “matriz” también ha sido utilizada por Echeverría y José Francisco Álvarez para representar las valoraciones posibles de una acción concreta (Echeverría 2002, p. 162, Echeverría & Álvarez 2008). Estos autores se inspiran en las matrices algebraicas, dado que su axiología adopta una perspectiva formal en la que las evaluaciones pueden identificarse incluso en términos numéricos. También puede recordar a las “matrices disciplinarias” de Kuhn (2012 [1962]), que serían conjuntos de elementos compartidos en una disciplina, incluyendo valores, pero no sólo éstos. También incluyen generalizaciones simbólicas, modelos —metáforas y analogías— y ejemplares. Aquí emplearé el término con un significado distinto, refiriéndome exclusivamente al molde histórico-axiológico a partir del cual la acción humana se acomete de cierta manera y no de otra.

<sup>89</sup> A mi modo de ver, suponen una *perspectiva colectiva* de los valores, aunque aquí no vaya a profundizar en esta cuestión. Las matrices admiten la consideración de valores objetivos, intersubjetivos y subjetivos. Considero que la dimensión estimativa no depende únicamente intereses o influencias sociales, sino que también responde a la realidad de las cosas, aunque sea ésta una realidad *en perspectiva*. De ahí que haya aludido a una ontología relacionar a la hora de entender los valores (I.4.1).

bien algunos valores pueden presentarse de forma recalcitrante en las acciones colectivas, no tienen por qué responder a disposiciones autodisciplinarias o autorreguladas, sino que aluden también a las valoraciones subyacentes en los conceptos que manejan, su lenguaje, sus reglas, objetivos, etc. Hay veces que estos valores no son conscientes, o se aplican en contra de la voluntad individual de sus miembros. Muchos de ellos son asimismo transcolectivos, en el sentido de que son compartidos en la cultura social más amplia. Lo importante es que representan las estimaciones *colectivas* cuando se toman decisiones conjuntamente, sin perjuicio de que en ocasiones acarreen desacuerdos axiológicos intracolectivos a nivel individual. Estas acciones acarrearán la aplicación de un sistema de valores, para cuya identificación me referiré a dos dimensiones constituyentes de la matriz:

- (i) La dimensión *explícita* refiere a todos aquellos valores que se manifiestan expresamente en el discurso científico, siendo enunciados o nombrados por los miembros del colectivo a través de sus comunicaciones, publicaciones, entrevistas, protocolos, planes de investigación, etc. Suelen ser más conscientes en la mente de los científicos, pudiendo ser consumados en forma de reglas, objetivos, criterios, códigos de conducta o pautas de actuación convenidas en el seno de una comunidad científica. Muchos valores explícitos en el discurso del AWG, por ejemplo, están materializados en la *Guía Internacional de Estratigrafía* (Salvador 1994) y en la *Guía y Estatutos de la Comisión Internacional de Estratigrafía* (Cowie et al. 1986, Remane et al. 1996), aunque otros pueden ser inferidos de sus publicaciones, de encuestas o de la correspondencia que intercambian entre sí, como se mostrará en el [Capítulo III](#).
- (ii) La dimensión *implícita* alude a los valores tácitos, es decir, a todos aquellos que están presentes en la actividad científica de forma oscura y no trivial para los miembros del colectivo, que no se expresan verbalmente pero que pueden interpretarse a través de la observación de su conducta, el lenguaje y las suposiciones empleadas, las acciones que acometen y, como señalaré más adelante, a través de la reconstrucción histórica donde se imbrica su actividad. A menudo son valores más inconscientes para los propios científicos, dándose por sobreentendidos y sin estar formalizados en ningún tipo de guía o código de conducta. Forman parte de lo que Longino llamó las “asunciones de fondo” (1990), a través de las cuales se permea soslayadamente la práctica científica de valores contextuales de tipo social, ecológico, moral, etc., aunque también pueden considerarse valores epistémicos que no quedan plasmados en ningún tipo de instancia convenida, y que sin embargo tienen su peso en las acciones acometidas.

La distinción entre ambas dimensiones puede recordar a aquella realizada por Michael Polanyi entre “conocimiento explícito” y “conocimiento tácito” (2009 [1966])<sup>90</sup>. Habría que tener en

---

<sup>90</sup> Para el químico y filósofo austrohúngaro, el conocimiento tácito se contraponía al conocimiento formal, codificado o explícito (2009 [1966]). El conocimiento tácito era más difícil de transferir a otros por medio de la escritura o la verbalización, y podía corresponderse con la sabiduría personal, la experiencia o la intuición. Por ejemplo, saber que el Holoceno es la última época del período Cuaternario es un conocimiento explícito, en tanto que puede transmitirse y ser comprendido por un receptor. En cambio, el saber experimental de cómo perforar satisfactoriamente una determinada estructura sedimentaria sería un

cuenta, eso sí, la consideración de los valores como *condición de posibilidad* de cualquier tipo de conocimiento (Putman 1988; Echeverría 1998, 2002, 2018): incluso aquel utilizado de forma intuitiva o inconsciente presupone valores. Las matrices colectivas pueden desglosarse en esas dos dimensiones y representan las fluctuaciones sociohistóricas de los valores presentes en la actividad científica, precisamente al estar ésta ejercida por colectivos de personas que viven en un contexto en continua transformación. Tal y como señalaba en el primer capítulo, podrá entonces caracterizarse una matriz mediante la identificación de distintos valores, así como el tipo de vinculaciones que mantienen y el rol directo o indirecto que ejercen unos u otros. Pero el estudio de los valores no debería reducirse a un conjunto de objetos explicitados en procesos de evaluación que puedan ser analizados empíricamente, como apuntaba Echeverría (2018). El investigador no ha de apropiarse de las fuentes o lo “dado” —como suscribía Canguilhem (2005 [1968])—, sino reconstruir las condiciones sociales e históricas que explican la dinámica de los valores que, precisamente, permiten la emergencia del propio discurso científico. La diferencia es sutil, pero importante. Una cosa es estudiar los valores interpretables a partir del discurso explícito que producen y otra distinta es estudiar las condiciones de posibilidad de ese discurso a partir de los valores implícitos previos de su contexto. De ahí que hable de *matriz*, en tanto que alude a la dimensión axiológica —tanto implícita como explícita— que condiciona el modo en que se genera y desarrolla la actividad científica.

Debemos de tener en cuenta que, como se muestra en III.2, la idea de pertenecer a una nueva época geológica no se originó dentro del colectivo de estratígrafos, que son quienes habitualmente definen las diversas etapas geológicas de nuestro planeta. El término “Antropoceno” comenzó a impulsarse a partir del año 2000 dentro de la reciente *Earth System Science* (ESS), que desde finales del siglo XX trata de integrar una pluralidad de perspectivas disciplinarias con el objetivo de comprender la Tierra como un único sistema autorregulado (Hamilton 2016, Steffen et al. 2020). La difusión del término entre colectivos se hizo tan popular que en 2008 un grupo multidisciplinar de científicos de la Tierra —el AWG— decidió comenzar a investigar si, efectivamente, existía evidencia empírica suficiente como para formalizar el Antropoceno como nueva unidad de tiempo geológico (Zalasiewicz et al. 2008). En este sentido, la Axiología Histórica no se limita a inferir y analizar los posibles valores presentes en sus informes científicos, sino que indaga en la dinámica sociohistórica de los valores que han posibilitado y condicionado históricamente su discurso. Para ello, es indispensable reconstruir la historia atendiendo a las interacciones intracolectivas e intercolectivas, el uso del lenguaje, así como la vinculación de sus miembros con matrices asociadas a otros colectivos. Como se verá, el aparato teórico de Fleck servirá para inspirar una interpretación de la dinámica sociohistórica de los valores detrás de la conceptualización del Antropoceno.

### II.5.2. Del presentismo positivista al presentismo crítico

La incorporación de la perspectiva sociológica en la Axiología Histórica toma sentido, además, con una concepción historiográfica presentista, perspectiva que conviene distinguir del *whiggismo* (Loison 2016, Chang 2021). Como se ha mostrado en el apartado II.2, el teleologismo historiográfico es una forma de presentismo triunfalista, basado en una presuposición optimista acerca del progreso que concibe el estado actual de la ciencia como inevitablemente superior al

---

conocimiento más bien tácito, en la medida en que resulta difícil de transferir explícitamente a otras personas.

pasado. Este tipo de narrativas son las que actualmente predominan en proyectos historiográficos como IHOPE, y también ha sido habitual entre los científicos detrás de la formalización del Antropoceno (Steffen et al. 2011). Sin embargo, que este tipo de historias teleológicas no sean medios satisfactorios para generar narrativas históricas no implica que debamos renunciar al presentismo, como convincentemente ha argumentado Laurent Loison<sup>91</sup>. Autores como Bachelard o Canguilhem, por ejemplo, se diferenciaron con un presentismo normativo que difirió tanto del anacronismo positivista como del relativismo anti-positivista del enfoque historicista (Canguilhem 2005 [1968], p. 15). Este carácter retrospectivo de la tradición francesa es interesante para mi enfoque, aunque —como ya he señalado— difiere en la consideración del historiador como un “juez” (Bachelard 2006 [1927]). Siguiendo la metáfora sugerida por Canguilhem, la Axiología Histórica que propongo no pretende ejercer de juez o abogado, sino de algo quizás más asimilable a la figura de un fiscal<sup>92</sup>. No es mi objetivo tratar de dilucidar si la formalización del Antropoceno, por ejemplo, es correcta o no a la luz de la historia. Tampoco es mi pretensión defender la conveniencia de una decisión u otra. Mi objetivo es aportar una reflexión crítica del presente a través del estudio *retrocomparativo* de los valores, por así decirlo. Se trata de explicar, siguiendo a Fleck, cómo un particular sistema de valores logra sobrevivir mejor que otro en un contexto específico, y no tanto de elaborar un juicio normativo al respecto:

“El juicio absoluto sobre la corrección de teorías fosilizadas es tan poco procedente como un juicio atemporal sobre la adaptación de una especie paleontológica: el brontosaurio estaba tan convenientemente organizado para su medio como la lagartija actual para el suyo. Arrancados de su hábitat, no pueden ser calificados ni de ‘adaptados’ ni de ‘inadaptados’” (Fleck 1986 [1936], p. 73).

La clave está en dilucidar cómo ciertas ideas se ha ido consolidando hasta constituirse científicamente en función de los parámetros axiológicos de cada época. El carácter comparativo de Fleck ayuda a comprender históricamente la naturaleza del pensamiento en sus diversas expresiones culturales, cada una de ellas condicionadas por aquello que es valorado positivamente. Este enfoque difiere de las historiografías teleológicas del Antropoceno, donde a

---

<sup>91</sup> Loison (2016) ha trazado cuatro tipologías habituales de presentismo dentro de la historiografía de la ciencia: el presentismo *empírico*, *descriptivo*, *causal-narrativo* y *normativo*. Loison define el *presentismo empírico* como “el uso del conocimiento actual para ayudar a especificar las características del sustrato empírico en el que se basaron las interpretaciones del pasado, independientemente del contenido de dichas interpretaciones.” (p. 30). El *presentismo descriptivo* sería “la comparación/transcripción/traducción de la estructura de una explicación pasada en términos comprensibles en el presente” (p. 31). El *presentismo narrativo-causal* sería “el uso de acontecimientos ocurridos después del periodo considerado para identificar los procesos históricos causales y dar perspectiva a la narración producida.” (p. 31). Por último, el *presentismo normativo* sería “el uso de conceptos y explicaciones actuales para identificar y destacar los obstáculos a los que se enfrentaban los conceptos anteriores para comprender la misma clase de fenómenos, así como sus limitaciones intrínsecas y carencias teóricas” (p. 32).

<sup>92</sup> En contraposición a la identificación que hicieron varios autores franceses de la historia de la ciencia con la figura de un juez, o de un tribunal que juzga —que normativiza— la práctica científica, aquí deslindo mi perspectiva de cualquier pretensión normativa. La referencia a la figura de fiscal es meramente metafórica, aludiendo al rol de la Axiología Histórica en pos del interés general, de alguien que investiga y responde a los posibles excesos del discurso científico y que en su caso ejerce acciones que lo compensan, siempre comprometido con el interés social. Se diferencia asimismo del rol de un abogado, que defiende una particular visión o perspectiva, quizás más asimilable a la historia positivista y justificativa del progreso científico.



menudo se presupone que “la anterioridad cronológica es una inferioridad lógica” (Canguilhem 2005 [1968], pp. 43-44). La orientación que propongo, por tanto, puede asimilarse en lo que Loison ha denominado “presentismo crítico”, y que define como “la elaboración de una recíproca relación crítica entre los conocimientos científicos de distintas épocas” (Loison 2016, p. 33). El autor se refiere a este tipo de presentismo con el objetivo de repensar la Epistemología Histórica, pero pienso que puede ser aplicable para un estudio genuinamente axiológico:

“Como la ciencia progresa, es legítimo que el presente sirva de criterio para juzgar el pasado. Pero como el presente es al mismo tiempo una norma contingente y pasajera, entonces el pasado se convierte en un instrumento privilegiado para criticar la tentación dogmática de la ciencia actual. Esta sucinta presentación del presentismo crítico es sólo un primer paso en el proceso de repensar lo que debe ser la Epistemología Histórica” (*Ibid.*).

A mi modo de ver, este tipo de retrospección crítica resulta particularmente oportuna para atender el caso del Antropoceno, puesto que está teniendo un impacto social y político sin precedentes en la historia de la geología (Lewis & Maslin 2018, Steffen et al. 2020). La idea de vivir en una nueva época en la que los seres humanos han devenido en la principal fuerza de transformación del planeta no sólo ha calado hondo dentro de las ciencias naturales, sino también en ciencias sociales y humanidades (Trischler 2017). También fuera de las esferas de la academia el término ha proliferado en medios de comunicación y se ha convertido en parte de la “pop culture” (Autin & Holbrook 2012). Y aún si nos referimos sólo a su conceptualización dentro de las ciencias naturales, el término es susceptible de ser interpretado desde múltiples perspectivas (Malhi 2017). De modo que, en este contexto, creo que un presentismo crítico como el propuesto por Loison resulta conveniente.

Esta tendencia historiográfica presentista ha sido apoyada por autores como Hasok Chang, quien afirma tajantemente que “como los funerales, la escritura de la historia es para los vivos” (Chang 2021, p. 3). Las consideraciones de este autor son especialmente convergentes con mi enfoque, en tanto que incita a “investigar la historia a partir de un compromiso claro y consciente con nuestro presente, en última instancia para mejorar dicho presente” (*Ibid.*, pp. 4-5). Chang defiende un pluralismo historiográfico basado en la necesidad de escribir la historia desde diferentes perspectivas del pasado, especialmente las que no están siendo tenidas en cuenta en las narrativas predominantes. Se trata de un tipo de presentismo “rebelde”, como él mismo afirma, que reconoce la pluralidad de perspectivas e intereses del presente social y científico, y se resiste a aceptar los relatos fomentados por la ortodoxia dominante. Para Chang, la historia debe tener el compromiso de defender el pluralismo científico allí donde el monismo ha promovido una imagen de métodos y respuestas únicas y correctas ante unas mismas preguntas científicas:

“Es un compromiso por mantener y desarrollar múltiples sistemas de práctica incluso dentro de un mismo campo de estudio. La necesidad de este pluralismo en lo que respecta a la ciencia surge del hecho de que la ciencia moderna se ha desarrollado en gran medida con un espíritu monista —buscando una única verdad científica en la única realidad en la que todos habitamos, asumiendo que hay una respuesta correcta a cada pregunta

científica, y un único mejor método para llegar a esa respuesta correcta” (Chang 2021, p. 10).

Siguiendo a Chang, la concepción monista —e incluso dogmática— de la ciencia moderna tiene un claro efecto en las perspectivas de los científicos sobre el pasado, reforzando la impresión de que una ciencia exitosa requiere siempre uniformidad y consenso. Ello también es palpable en la formación del discurso científico en torno al Antropoceno, así como en el seno de la ESS: aún sin saber si finalmente se adoptará oficialmente por los geólogos, por ejemplo, el colectivo ya da por hecho que vivimos en la nueva época (Crutzen 2002; Steffen et al. 2007, 2015a, 2015b, 2020; Future Earth 2014). La razón es que hay una creencia generalizada en que el enfoque holístico y sistémico de la Tierra supone todo un cambio de paradigma con respecto a la visión de ciencias más tradicionales, incluida la geología:

“En el campo de la ESS, sostenemos que el funcionamiento de la Tierra como un sistema integrado es totalmente incuestionable, y la evidencia de que el ser humano es un factor geológico importante ha sido aceptada y el cambio de paradigma se ha producido” (Maslin & Lewis 2015, p. 111).

Y consideran, además, que ese cambio de paradigma “es una comprensión mejor del mundo, no sólo diferente” (*Ibid.*). Ante este panorama, comparto con Chang la conveniencia de desarrollar un presentismo orientado a recuperar la “historia de los perdedores” y los elementos del pasado que los científicos actuales consideran poco importantes, desfasados o directamente erróneos. Como muestro en el [Capítulo V](#), el pensamiento de un cambio geológico de impronta humana no se reduce a historia lineal y triunfalista que desemboca en una erudita ocurrencia de Crutzen en el año 2000, y por tanto en la conformación del AWG. Existen otros “Antropoceno” enterrados en la historia. De ahí la necesidad de desempolvados, de indagar en ellos retrospectivamente, de tal manera que se dé cuenta de cómo una limitada comprensión de la historia puede en efecto repercutir en las propias concepciones científicas del presente. La Axiología Histórica pretende desarrollar esa labor, comparando la dimensión estimativa entre distintos colectivos en distintos momentos históricos. No es una agenda anticientífica, sino que pretende prevenir que los discursos científicos actuales adopten sus propios excesos: se trata de fomentar una conciencia crítica a través del reconocimiento de los valores históricos que guían contingentemente la formulación del Antropoceno. Fleck afirmaba que “lo pasado es mucho más peligroso cuando nuestros enlaces con él se mantienen inconscientes y desconocidos” (1986 [1935], p. 67) y, a mi modo de ver, dar cuenta de esos valores, posiblemente no reconocidos, debería proporcionar una mayor conciencia —y, por tanto, mayor libertad de elección— en una deliberación científica tan relevante para las sociedades del presente.

## II.6. Recapitulación

La historiografía de la ciencia es un campo de estudio que trata de esclarecer los aspectos y prácticas empleadas en la escritura de la historia de la ciencia. Aunque los eruditos y científicos habían estado elaborando crónicas de los esfuerzos y resultados científicos durante siglos, la



historia de la ciencia como disciplina no se produjo hasta principios del siglo XX, estando íntimamente vinculada al rol e influencia creciente de la ciencia durante ese mismo período de tiempo. Al principio, la escritura de la historia fue mayoritariamente ejercida por científicos retirados o interesados en la trayectoria intelectual de sus propios campos de estudio, siendo ante todo una historia internalista con un enfoque marcadamente teleológico y triunfalista. Sin embargo, tras la nueva historiografía de la ciencia promovida por Kuhn, así como la aparición de las perspectivas externalistas entre los historiadores profesionales de la ciencia, el modo de escribir la historia dejó de lado el anacronismo previo dominante para comenzar a preguntarse “qué era lo que los científicos pensaban que habían descubierto y cuáles creían que eran las bases de ese descubrimiento” (Kuhn 1982 [1977], p. 110).

Pues bien: la actual historiografía intelectual elaborada en torno al Antropoceno es eminentemente internalista, teleológica e incluso —a veces— profeticista. Aún no hay una narrativa alternativa elaborada por historiadores profesionales de la ciencia, del mismo modo que así respondieron al presentismo positivista que predominó previamente a su constitución como disciplina. Las primeras reconstrucciones históricas de pertenecer a un nuevo tiempo geológico causado por la actividad humana, como categoría de pensamiento, aparecen con el propio Paul Crutzen, primer proponente del Antropoceno (Crutzen & Stoermer 2000). En sus primeros artículos, es frecuente identificar *a fortiori* proposiciones aparentemente similares del pasado como “precursores” del concepto actual, como Antonio Stoppani y su “Antropozoico” o la “Noösfera” de Vladimir Vernadsky y Pierre Teilhard de Chardin. A pesar de que un estudio histórico más amplio y riguroso parezca estar siendo desarrollado en la actualidad, de momento las narrativas intelectuales del Antropoceno han estado incluidas a modo de recurso legitimador de su conceptualización científica. Los autores de dichas cronologías a menudo han confluído en el marco de la *Integrated History and Future of People on Earth* (IHOPE), una “auto-historiografía” elaborada por los miembros de la comunidad del Cambio Global y los proyectos de investigación que desde finales del siglo XX desembocaron en la constitución de la *Earth System Science* (ESS) como nuevo paradigma de investigación interdisciplinaria. Junto con el Antropoceno, nociones como la “Gran Aceleración del siglo XX” han servido como herramientas para reinterpretar la historia medioambiental “con el objetivo de lograr un futuro justo y sostenible” (IHOPE 2022, p. 4).

En este capítulo he defendido que la historia intelectual del Antropoceno no conviene que siga siendo percibida como una condensación definitiva de grandes “profetas”, ni tampoco como un museo de insuficiencias teóricas precedentes, o como un simple repositorio de anécdotas. Más bien al contrario: la Axiología Histórica pretende indagar en el sustrato axiológico que en cada momento histórico hace florecer un determinado concepto, hipótesis o cualquier forma cognitiva dentro de colectivos científicos particulares, y ello adoptando un tipo de historiografía que difiere del anacronismo teleológico. A pesar del habitual rechazo al presentismo entre historiadores, aquí he mostrado el interés por desarrollar un *presentismo crítico*, cuyas inspiraciones pueden remontarse a autores como Gaston Bachelard, Georges Canguilhem y Ludwik Fleck. La *Épistémologie Historique* es, de hecho, un ejemplo de cómo puede entenderse la investigación histórica de forma intrínsecamente ligada a la reflexión filosófica de los temas de nuestro tiempo, en contraste con las proposiciones *a posteriori* pretendidas entre la filosofía e historia de la ciencia, habitualmente en el mundo anglosajón. Tanto Bachelard como Canguilhem se inspiraron en el presente: el primero de ellos para normativizarlo en función de los *obstáculos epistemológicos* acontecidos en el pasado, y el segundo para llevar a cabo juicios sobre el pasado del saber.

Por su parte, la *Génesis y desarrollo de un hecho científico* de Fleck (1986 [1935]) supone un ejemplo único de integración de historia de la ciencia con epistemología, sociología e incluso psicología. Su dispositivo filosófico —donde figuran conceptos como el “estilo de pensamiento” o los “colectivos de pensamiento”— parte de una historiografía sociocultural en la que se pone de relevancia el carácter interactivo y codependiente entre individuos y grupos, así como las convicciones que los unen entre sí. Este enfoque puede reinterpretarse en clave axiológica mediante la consideración de “matrices colectivas”, noción que propongo para referirme a sistemas de valores vinculados a colectivos científicos que interactúan tanto internamente como con la sociedad más amplia donde ellos están inmersos. Poseen dos dimensiones: una explícita —valores enunciados en el discurso científico— y otra implícita —que responde a valoraciones tácitas o no evidenciadas. Extrapolando la *teoría comparativa del conocimiento* de Fleck, no se tratará de dictaminar qué conceptualización del Antropoceno se estima mejor a secas, sino de identificar las condiciones axiológicas —tanto explícitas como implícitas— que permitieron a una formulación particular concebirla como deseable para quienes germinaron, maduraron y propagaron el término al resto de colectivos científicos y académicos. Dicha perspectiva comparativa se contrapone tanto a los modelos historiográficos animados por justificar la investigación científica como a los que tratan de prescribirla.

La Epistemología Histórica contemporánea, por otro lado, aglomera una familia de enfoques en el estudio histórico del conocimiento científico. Los autores que inscriben sus trabajos en dicha categoría son mayoritariamente historiadores de la ciencia, especialmente sujetos a centros de investigación como el MPIWG. Sus métodos, objetivos y temas de investigación suelen variar entre sí: desde trabajos que narran la historia de conceptos epistémicos —como la objetividad o la observación—, hasta análisis macrohistóricos del conocimiento, pasando por estudios acerca de la emergencia y evolución de objetos científicos específicos —como el éter electromagnético o la sexualidad. Aquí he destacado el trabajo de Lorraine Daston (1995) en torno a las “economías morales de la ciencia”, en tanto que aborda directamente la cuestión de los valores desde una óptica histórica. Su aportación explica cómo ciertos valores morales a veces han supuesto ser cruciales para reajustar las cotas mínimas de satisfacción de ciertos valores epistémicos, como la “comunicabilidad” entre colegas en detrimento de la “exactitud”, o la “confianza” frente a la “comprobación empírica”. Comparto con ella la concepción sistémica y dinámica de los valores, así como la consideración de éstos como requisitos previos necesarios a cualquier enunciado científico. También aporta un matiz importante, basado en Fleck: los valores dependen de la dimensión afectiva y emocional de los científicos, factor poco tratado entre los axiólogos de la ciencia —aunque sí en teoría de los valores. El marco conceptual de esta historiadora, en cambio, presenta algunas limitaciones analíticas para el objetivo de este trabajo: la dinámica axiológica de los colectivos no se reduce al mundo de los afectos, la mente y la autodisciplina, sino que también responde a otros componentes del multifacético ámbito de la práctica científica, que incluye intereses, objetivos, políticas de investigación o normas coercitivas que han de cumplirse. Tampoco conviene anclar la dimensión estimativa en una concepción amplia de la moral. Pienso que son distinguibles otros tipos de valores, como los estéticos, políticos, jurídicos, técnicos o económicos. De ahí que el orden pluralista de la axiología expuesta en el primer capítulo devenga, en este particular, más amplio y versátil.

De modo similar, son varias las críticas que la Epistemología Histórica ha recibido como marca académica contemporánea, a veces por su incoherencia para con las raíces semánticas de la escuela francesa, y otras por la escasa reflexión epistemológica que suscitan muchos de sus variados y divergentes enfoques. Por mi parte, prefiero inscribir mi trabajo en lo que denomino “Axiología Histórica”, siguiendo un orden categorial que distingue —pero no separa— la

*episteme* del estudio de los valores y juicios estimativos. Considero que tal distinción resulta pertinente, siguiendo así la senda abierta por Ian Hacking (1999, 2002, 2004), quien desligó sus trabajos de la Epistemología Histórica para pasar a distinguir entre Epistemología, Metaepistemología y Ontología Histórica. En el caso de la Axiología Histórica, ésta incorpora un enfoque historiográfico que no se reduce a la correcta comprensión de la evolución temporal de los valores en la práctica científica, sino que compara el discurso actual dominante con episodios históricos que desmitifican las frecuentes concepciones teleológicas de la historia. En los intentos por evitar los males del presentismo positivista, los historiadores a menudo se han negado a pensar en su propio presente cayendo en la ilusión de estar aplicando una objetividad desinteresada, pero creo conveniente considerar el objeto de la historia de la ciencia en base a las demandas y situaciones del presente.

En definitiva: la Axiología Histórica trata de argumentar de qué manera el discurso científico, incluida una comprensión sesgada de la historia, puede influir en el propio desarrollo de conocimiento, y cómo un análisis retrospectivo de sus valores puede ayudar a aumentar la conciencia crítica de quienes toman las decisiones en la actualidad. En el caso que aquí atañe, dar cuenta de cómo algunos geólogos han llegado a considerar la existencia de evidencias suficientes para afirmar que vivimos en una época de impronta humana puede contribuir a revelar que las verdades hoy consideradas como evidentes y necesarias son resultado de decisiones pasadas cargadas de valores no sólo epistémicos. Las aportaciones conceptuales vistas en el primer capítulo se combinan así con la elaboración de una historia sociocultural de los valores, aunadas en un compromiso crítico y comprensivo de un pasado que invita a recuperar la historia de sus perdedores. No sólo para comprender remotas alternativas al Antropoceno, ni tampoco para argumentar en contra o a favor de la decisión de formalizarlo o no oficialmente, sino para aumentar la conciencia histórica en la toma de decisiones tan relevantes para nuestro tiempo.





## CAPÍTULO III. El discurso explícito del *Anthropocene Working Group*

### III.1. Introducción

La Axiología Histórica comienza su labor situándose en la realidad del presente, como se ha argumentado, y éste será el punto a atender en este tercer capítulo. Concretamente, el objetivo es identificar y caracterizar mínimamente la matriz colectiva del *Anthropocene Working Group* (AWG) a través del análisis de las normas institucionalizadas que deben cumplir y diversas declaraciones presentes en su discurso explícito. Esto mostrará la necesidad de ahondar en el contexto sociohistórico en el cual éste emerge para dar cuenta de valores no triviales que pudieran ejercer un rol implícito en el proceso de formalización del Antropoceno. El estudio de las normas, reglas y objetivos que el AWG debe cumplir es una vía para comprender algunos valores nucleares que están presentes detrás de la constitución de cualquier nueva unidad de tiempo geológico, en tanto que si no se satisfacen la propuesta queda directamente rechazada. Los valores, sin embargo, no se reducen a dichas normas. De ahí que aquí vaya a analizar también otros aspectos de su discurso, el cual comienza a elaborarse en 2009 y sigue desarrollándose en la actualidad.

En el primer capítulo se ha mostrado que la demarcación entre valores epistémicos y contextuales ha sido frecuentemente criticada desde la filosofía de la ciencia (Rudner 1954, Longino 1990, Douglas 2006, Elliott 2017), críticas que mediante el estudio del proceso de formalización del Antropoceno se verán reafirmadas. Otro tanto ocurre con la separación entre etapas de la actividad científica a la hora de analizarla axiológicamente: no cabe compartimentar la presencia de valores en función de fases diferenciadas, como se verá, sino que los valores que guían la elección del problema de investigación, la recopilación e interpretación de evidencias y la inminente decisión final o son los mismos o están entrelazados entre sí. Ello se demostrará analizando la axiología explícita que se desprende de los documentos oficiales que, en primera instancia, condujeron a varios geólogos de la *Comisión de Estratigrafía de la Sociedad Geológica de Londres* (Zalasiewicz et al. 2008) a considerar el Antropoceno desde un punto de vista estrictamente estratigráfico (III.2). Tras un período de popularización del término entre los años 2000 y 2008 entre la comunidad del Cambio Global y la reciente *Earth System Science* (ESS), se conformó el AWG bajo el manifiesto criterio axiológico de la “utilidad”, es decir, con la pretensión proceder a una formalización que resulte práctica tanto para geólogos como para otros colectivos (AWG 2009, Vidas et al. 2019). Y si bien dicho valor es frecuente encontrarlo en otros proyectos de la *Comisión Internacional de Estratigrafía* (ICS), en esta ocasión resulta inédita la incorporación de miembros de otras disciplinas —tanto de la ESS como de las ciencias sociales y jurídicas— que dotan de nuevos sentidos de aplicabilidad al proyecto y transmutan la utilidad epistémica en utilidades jurídicas, políticas, sociales e incluso sanitarias.

En cuanto a la fase de recopilación de evidencias, un punto clave a atender es el proceso de selección de un límite estratigráfico que fije el comienzo del Antropoceno como época geológica formal (III.3). Para atender este asunto desde un punto de vista axiológico, es indispensable recurrir a la *Guía Estratigráfica Internacional* (Salvador 1994). Esta supone ser la principal referencia conceptual y metodológica entre estratígrafos, la cual está cargada de un núcleo axiológico que ha de satisfacerse a la hora de establecer cualquier cambio en la Tabla Cronoestratigráfica Internacional. La “precisión”, por ejemplo, ha llevado al AWG a determinar

una *Sección Estratotipo y Punto de Límite Global* (GSSP) —o “clavo dorado”— que establezca el comienzo cronoestratigráfico del Antropoceno a mediados del siglo XX. El subsistema de valores epistémicos también está conformado por otros valores, como la “coherencia” con respecto a otras unidades, la “inteligibilidad” de las secciones-tipo y la “globalidad” y “sincronicidad” de los marcadores que evidencian suficientemente un particular cambio geológico. A ellos también han de añadirse otros valores no epistémicos presentes en la *Guía y Estatutos de la Comisión Internacional de Estratigrafía* (Cowie et al. 1986, Remane et al. 1996), y que también suponen ser condiciones de posibilidad para la elección del límite: el proceso de votación que lo determina, por ejemplo, ha de satisfacer valores como la “anonimidad”, la “libertad” de los votantes o la “igualdad” de sus votos, entre otros valores morales, económicos y jurídicos.

Todos los valores que se mencionarán están presentes de forma explícita en el discurso del AWG. Ahora bien: también hay otros valores implícitos que han de atenderse, y que suponen una novedad en la historia de las formalizaciones estratigráficas. En el último apartado incitaré a esta cuestión (III.4), y destacaré el carácter interdisciplinar y el interés por el futuro de la Tierra como rasgos distintivos del AWG con respecto a otros grupos de trabajo en estratigrafía. También aludiré a la “utilidad”, pero entendida ésta como un *transvalor*, es decir, como un valor que ha transmutado del ámbito intelectual o cognitivo al terreno de lo jurídico, político y social —sin perjuicio de que siga manteniéndose como valor epistémico. Estas novedades apuntan a una ineludible vinculación del proyecto de formalización con la cultura científica asociada a la *Earth System Science* (ESS), cuya matriz histórica inspiró la conceptualización y popularización del Antropoceno y, como consecuencia, la conformación del AWG.

### **III.2. Fase previa a la investigación y axiología explícita en la constitución del proyecto de formalización**

La “gran idea” del Antropoceno como posible unidad geológica no apareció entre geólogos, sino entre científicos de la comunidad del Cambio Global, que generaron un estilo de comprensión de la Tierra relativamente novedoso (Hamilton 2016). Concretamente, el término apareció en un congreso celebrado en Cuernavaca —México— el 25 de febrero del año 2000. Un primer detalle a tener en cuenta es que este congreso fue organizado por el *Programa Internacional Geosfera-Biosfera* (IGBP), un proyecto interdisciplinario cuyo *leit-motiv* se basó en detectar y responder a los peligros del cambio global, es decir, los cambios tanto biofísicos como socioeconómicos que alteran la estructura y funcionamiento del Sistema Tierra (IGBP 1986). En concreto, este encuentro fue el primero en una fase de síntesis de varios proyectos internos que, como muestro en mayor detalle en el **Capítulo IV**, pretendían integrar diversos conocimientos físicos, químicos y biológicos particulares “para una comprensión más completa de la Tierra como un todo interconectado” (*Ibid.*, p. 1). A partir de entonces comenzó un proceso de popularización del término “Antropoceno”, cuya primera fase puede establecerse desde el 2000 hasta el año 2009, que es cuando se constituye el AWG y se inicia la investigación propiamente estratigráfica. Abordaré esta cuestión primeramente, para luego dar cuenta de la “utilidad” como un valor explícito en la elección de dicho problema de investigación.



### III.2.1. Popularización del término y conformación del grupo de trabajo

Para comprender el origen y popularización del término, es indispensable hacer referencia a dos científicos presentes en el congreso del año 2000. El primero de ellos es el químico industrial Will Steffen, experto en ciencias del cambio climático y el director ejecutivo del programa IGBP entre 1998 y 2004. El otro de ellos es el químico atmosférico Paul J. Crutzen, quien había sido galardonado con el premio Nobel de química pocos años atrás —en 1995— por sus investigaciones sobre la incidencia del ozono en la atmósfera<sup>93</sup>. Ambos fueron dos de las primeras y principales figuras impulsoras de la conceptualización del Antropoceno. Steffen era el director de un programa que tras 14 años de investigación entró en una fase de síntesis e integración de resultados de vital importancia (Seitzinger et al. 2015, Steffen et al. 2020). Por su parte, Crutzen era considerado una referencia científica prestigiosa, tanto en el programa IGBP como en el resto de la comunidad del Cambio Global. Ambos estuvieron presentes en el congreso del año 2000 en Cuernavaca que, como se ha dicho, fue el primero de varios encuentros celebrados dentro del contexto de síntesis del programa IGBP (Seitzinger et al. 2015). Crutzen relata que fue durante una ponencia de este primer congreso cuando se le ocurrió la idea de estar viviendo en una nueva época geológica denominada “Antropoceno”:

“Estaba en una conferencia en la que alguien dijo algo sobre el Holoceno, el largo periodo de clima relativamente estable desde el final de la última edad de hielo [...]. De repente pensé que eso era un error. El mundo ha cambiado demasiado. Así que dije: ‘No, estamos en el Antropoceno’. Me inventé la palabra de improviso. Todo el mundo se sorprendió. Pero parece que ha perdurado” (Crutzen, citado en Pearce 2007, p. 21).

Parte del resto del encuentro se estuvo discutiendo esta idea (*Ibid.*). Después, Crutzen buscó el término y encontró que había sido utilizado desde hacía varios años de modo informal por el limnólogo Eugene Stoermer, y le invitó a sumarse a publicar el término —aunque nunca llegaron a conocerse— en el n° 41 del *Global Change Newsletter* (ANEXO I), boletín del programa IGBP cuyo número fue lanzado en mayo de ese mismo año. Stoermer había empleado la expresión de forma aislada e informal entre sus alumnos y colegas de investigación desde principios de la década de 1980 para referirse al impacto y la evidencia de los efectos de la actividad humana en el planeta Tierra. Sin embargo, su impacto en la comunidad científica no fue el mismo que el generado posteriormente a través de Crutzen. En este primer texto, Crutzen y Stoermer aludieron a varios efectos antropogénicos que desde la Revolución Industrial —coincidiendo con la invención de la máquina de vapor de James Watt en 1784— habían provocado cambios globales en la Tierra. Se hizo referencia al incremento de la población en los últimos tres siglos, el ritmo de la

---

<sup>93</sup> Dicho premio fue compartido con Mario J. Molina y Sherwood Rowland, quienes conjuntamente ayudaron a la comprensión de la formación del agujero de la capa de ozono. Por su parte, Crutzen señaló en 1970 que la emisión de óxido nitroso —N<sub>2</sub>O—, que es un gas estable producido por las bacterias de la superficie terrestre, podían tener un impacto en la cantidad de óxido nítrico —NO— en la estratosfera (Crutzen & Arnold 1986). Además, el químico neerlandés señaló que el uso creciente de fertilizantes podría haber llevado a un aumento en las emisiones de óxido nitroso en la superficie terrestre y, por tanto, al aumento de su concentración de dicho compuesto en la estratosfera —lo cual demostró ser la causa de la progresiva destrucción de la capa de ozono. Los hallazgos de Crutzen fueron una contribución importante para la prohibición de clorofluorocarburos y otros gases organohalógenos en 1988, permitiendo así que la capa de ozono pudiera regenerarse lentamente.

urbanización a partir del siglo XX, las emisiones de SO<sub>2</sub> por quema de carbón y petróleo, el aumento de nitrógeno sintético aplicado en fertilizantes y agricultura, la emisión atmosférica de NO a partir de la combustión de fósiles y biomasa, el aumento de la tasa de extinción de especies, el incremento de la emisión de gases de efecto invernadero —CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>—, etc.

Dos años después de su proclamación en el boletín del congreso, Crutzen publicó un nuevo artículo titulado “Geology of Mankind” (2002) en la revista de alto impacto *Nature*, donde desarrolló la idea y el término comenzó a ocasionar un interés generalizado y una amplia circulación dentro de la ESS (Malhi 2017). Al igual que en la publicación del año 2000, Crutzen planteó el Antropoceno como una “época” geológica —aunque emplea simultáneamente el término “era”— iniciada con la Revolución Industrial. Para argumentarlo, el químico neerlandés también hizo referencia al agujero de ozono, el cambio climático, el incremento de población humana, la deforestación, el uso de la energía, la explotación de la pesca, el uso de fertilizantes o la quema de combustibles fósiles y biomasa. Además introdujo una nueva afirmación relevante en torno a una posible solución tecnológica a gran escala para optimizar el clima y revertir los efectos antropogénicos: la *geoingeniería*, cuestión que retomaré en el quinto capítulo (V.4.1).

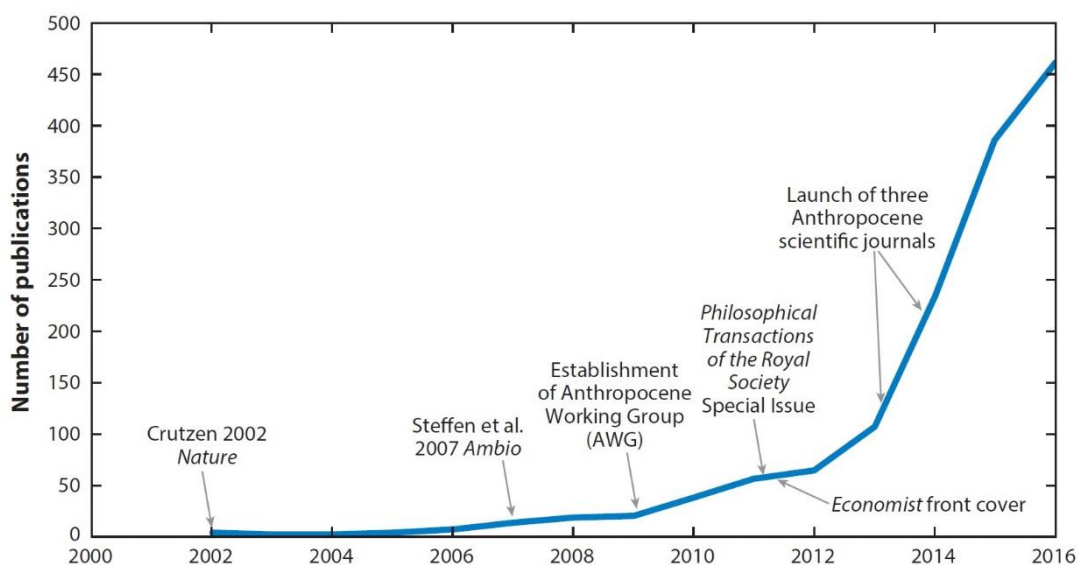


Ilustración 1. Cronología del número de publicaciones académicas por año sobre el Antropoceno, del 2002 al 2016. Fuente: Malhi 2017, p. 78.

Tras la publicación del artículo de Crutzen en 2002, el término comenzó paulatinamente a ser cada vez más empleado en diversas publicaciones académicas. Siguiendo a Malhi (2017), pueden distinguirse cuatro puntos de inflexión en la popularización del término durante las últimas dos décadas (Ilustración 1). Los primeros 5 o 6 años el término resonó principalmente en artículos generados dentro del nuevo paradigma interdisciplinar impulsado por la ESS, aludiendo al Antropoceno como un concepto que unificó bajo un mismo marco comprensivo fenómenos como la pérdida de biodiversidad, el cambio climático, la contaminación, los problemas sociales ligados al consumismo, las desigualdades o la creciente urbanización en el planeta (Steffen et al. 2020).

Sólo un geólogo entró en la discusión: William Ruddiman (2003), quien apuntó que los cambios de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> aludidos por Crutzen no se iniciaron en el siglo XVIII con la era industrial, sino que se remontaban a las actividades agrícolas de hace por lo menos 8000 años<sup>94</sup>. En cualquier caso, un importante punto de inflexión en la popularización del término se produjo en el año 2007, cuando Crutzen se asoció con Steffen y el historiador medioambiental John McNeill para relacionar el Antropoceno con la denominada “Gran Aceleración del siglo XX” (ANEXO III) y la historiografía IHOPE (II.2). De hecho, esto último es una afirmación explícita que realizan los tres autores:

“El fenómeno del cambio global representa un profundo cambio en la relación entre los seres humanos y el resto de la naturaleza. El interés por esta cuestión fundamental ha aumentado rápidamente en la comunidad investigadora internacional, lo que ha dado lugar a nuevos e innovadores proyectos de investigación como la *Historia Integrada y el Futuro de las Personas en la Tierra* (IHOPE). El objetivo de este artículo es explorar un aspecto del programa de investigación del IHOPE: la evolución de los seres humanos y nuestras sociedades, que han pasado de ser cazadores-recolectores a convertirse en una fuerza geofísica global” (Steffen et al. 2007, p. 614).

En esta ocasión, el objetivo del artículo fue diagnosticar la evolución de la trayectoria humana en la Tierra a lo largo del tiempo, incidiendo en cuestiones críticas como el tipo y el grado del impacto de su actividad en el medio ambiente, su cambio cualitativo con respecto al estado previo de variabilidad natural de la Tierra y los diversos desarrollos socioeconómicos que desde la Revolución Industrial lo confirman. Siguiendo la idea de las dos publicaciones anteriores (Crutzen & Stoermer 2000, Crutzen 2002), se estableció alrededor del año 1800 el inicio del Antropoceno, aunque esta vez se dividió el tiempo geológico en tres etapas: la era industrial —entre 1800 y 1940—, la Gran Aceleración —entre 1945 y 2015— y un posible período a partir del 2015 en el que se planteó la idea de gestionar globalmente el Sistema Tierra. En esta última etapa, por cierto, también se retomaron las opciones de geoingeniería sugeridas por Crutzen, aludiéndose a posibles formas de secuestro tecnológico de CO<sub>2</sub> y el esparcimiento sistemático de partículas reflectivas de luz solar en la estratosfera (V.4.1).

En estos casos, el Antropoceno se entendía, por supuesto, desde la perspectiva ESS: como un cambio no análogo —producido por la actividad humana— en el funcionamiento del Sistema Tierra (Malhi 2017). Sin embargo, como ya he mencionado desde el principio, la disciplina que se encarga de la recopilación y clasificación de evidencias para la clasificación del tiempo geológico es la *Estratigrafía*, una rama de la geología que principalmente basa su labor en “los cambios faunísticos observables en el registro fósil y que han podido ser datados con cierta precisión por métodos radiométricos” (Weller 1960, p. 12). En este sentido, algunos geólogos —como Ruddiman (2003)— no estaban satisfechos con el hecho de que un concepto disfrazado de

---

<sup>94</sup> Según Ruddiman (2003), los gases de efecto invernadero dejaron de seguir su patrón habitual de subidas y bajadas de concentración en la atmósfera con las consecuencias de la revolución agrícola de hace ocho milenios. En su artículo, afirma que la edad de hielo incipiente fue retrasada precisamente por dichas actividades y que el cambio de patrón está bien explicado a través de los ciclos de Milankovitch, que refieren a una serie de variaciones naturales en la órbita de la Tierra que influyen en sus cambios climáticos. Esta hipótesis sería después sopesada por el AWG a la hora de estudiar posibles límites estratigráficos del Antropoceno (véase III.3), aunque será rechazada precisamente por la insatisfacción de varios valores nucleares que rigen la matriz del AWG.

término geológico se estuviera utilizando ampliamente de manera tan descuidada e imprecisa (Autin & Holbrook 2012) y que las largas escalas de tiempo de la Escala de Tiempo Geológico estuvieran siendo adoptadas por otros colectivos enmarcados en la defensa y la política medioambiental contemporánea, que tienden a centrarse en escalas de tiempo mucho más cortas (Finney & Edwards 2016). No obstante, otros geólogos argumentaron que se podía realizar un estudio empírico riguroso para contemplar una nueva época formalmente. Esta perspectiva fue planteada en 2008 por miembros de la Comisión de Estratigrafía de la Sociedad Geológica de Londres, encabezados por el geólogo y paleontólogo británico Jan Zalasiewicz, quienes en un artículo titulado “Are we now living in the Anthropocene?” (2008) afirmaron que el planteamiento iniciado por Crutzen y ampliado con Steffen y McNeill tenía suficiente “mérito estratigráfico” como para poder ser justificable desde una perspectiva estrictamente geológica:

“Han emergido suficientes evidencias de cambios estratigráficos significativos (tanto transcurridos como inminentes) para el reconocimiento del Antropoceno —actualmente una metáfora ingeniosa pero informal del cambio ambiental global— como una nueva época geológica que debe ser considerada para su formalización por la discusión internacional” (Zalasiewicz et al. 2008, p. 7).

La justificación de esta sugerencia fue el reconocimiento de los amplios efectos de influencia antropogénica en parámetros significativos desde el punto de vista estratigráfico: la composición y temperatura de la atmósfera global, la estabilidad de la criosfera, la química de los océanos —la acidificación y la anoxia, por ejemplo—, el nivel del mar, la biodiversidad, cambios en paisajes, sedimentaciones en la superficie terrestre, etc. (*Ibid.*). En general, se sugirió que los cambios antropogénicos se podrían ver reflejados con seguridad en el registro geológico y “que hemos entrado en una fase distintiva de la evolución de la Tierra que satisface los criterios de los geólogos para su reconocimiento como unidad estratigráfica distintiva, a la que ya se ha dado informalmente el nombre de Antropoceno” (p. 6). Como resultado de ello, en 2009 la *Subcomisión de Estratigrafía del Cuaternario* (SQS) estableció el *Anthropocene Working Group* (AWG)<sup>95</sup>, un grupo inicial de 16 científicos —liderados por Zalasiewicz— para evaluar la evidencia disponible y decretar la realidad, la durabilidad y el nivel jerárquico del Antropoceno propuesto por Crutzen como posible unidad en la *Tabla Cronoestratigráfica Internacional* (ICC)<sup>96</sup>. Desde entonces, al grupo se han ido incorporando y desagregando miembros en función de las necesidades geográficas y de conocimiento para cumplir con el mandato de la SQS, siendo 44 el número

---

<sup>95</sup> El AWG es actualmente uno de los cuatro grupos de trabajo que forman parte de la Subcomisión de Estratigrafía Cuaternaria, siendo los otros tres el grupo de trabajo de límites del Pleistoceno-Holoceno, el grupo de trabajo de los límites del Pleistoceno Medio/Tardío y el grupo de trabajo de los límites del Pleistoceno Temprano/Medio.

<sup>96</sup> La historia de la Tierra queda dividida a través de diferentes episodios representados en la Escala de Tiempo Geológico [*Geological Time Scale*] o Tabla Cronoestratigráfica Internacional (ICC) [*International Chronostratigraphic Chart*], en la que se establecen “divisiones y subdivisiones de las rocas según su edad relativa y del tiempo absoluto transcurrido desde la formación de la Tierra hasta la actualidad” (Weller 1960, p. 13). En el ANEXO II se incluye la versión actualizada —año 2020— de la Tabla Cronoestratigráfica Internacional, proporcionada por la Comisión Internacional de Estratigrafía (Cohen et al. 2020).

máximo de miembros alcanzado en 2018 y llegando en la actualidad a ser 38 los integrantes del colectivo<sup>97</sup>.

Un dato importante a tener en cuenta es que, además de geólogos, a este grupo se integraron desde el principio miembros que no eran expertos en los distintos aspectos técnicos que requiere la investigación estrictamente estratigráfica. Efectivamente, la mayoría de ellos cubren dichas necesidades, y suponen ser miembros con capacidad de voto en las decisiones científicas que se van tomando. Pero a ellos también hay que añadir un tipo de membresía poco frecuente en los grupos de trabajo habitualmente organizados en estratigrafía. Se trata de miembros consejeros o consultivos, que incluyen a historiadores como John McNeill, Jaques Grinevald y Naomi Oreskes, expertos jurídicos como Davor Vidas y científicos del Sistema Tierra como Will Steffen y el propio Paul Crutzen. La influencia de estos últimos en la matriz colectiva será un tema a tratar más adelante, pero baste adelantar que —como novedad— se introdujo dentro del programa de trabajo del AWG el estudio de áreas como la química atmosférica y la consideración de tendencias y pronósticos para el próximo siglo. Así lo expresaron en el primer boletín del grupo publicado en diciembre de 2009:

“Lo ideal es que el grupo de trabajo esté compuesto por científicos de la Tierra con representación mundial y familiarizados con la historia estratigráfica en tiempos profundos —Cenozoico y anteriores—, con la estratigrafía del Cuaternario —incluyendo el Holoceno— y con los aspectos relevantes del cambio ambiental contemporáneo —incluyendo su proyección mediante modelos hacia el futuro” (AWG 2009, p. 1).

A partir de ese momento, el Antropoceno pasó a ser un tema de investigación genuinamente geológico y, en concreto, se inició una investigación que deberá concluir con una recomendación a la *Comisión Internacional de Estratigrafía* (ICS), que a su vez es una de las 16 subcomisiones de la *Unión Internacional de Ciencias Geológicas* (IUGS), y que desde 1974 se encarga de la elaboración formal de la Tabla Cronoestratigráfica Internacional (Tabla 1). Por tanto, al igual que otras muchas proposiciones de formalización, el Antropoceno comenzó a pasar varios años de investigaciones, análisis y decisiones por distintas subcomisiones que después deberán ser aprobados en congresos mundiales (Gradstein 2004).

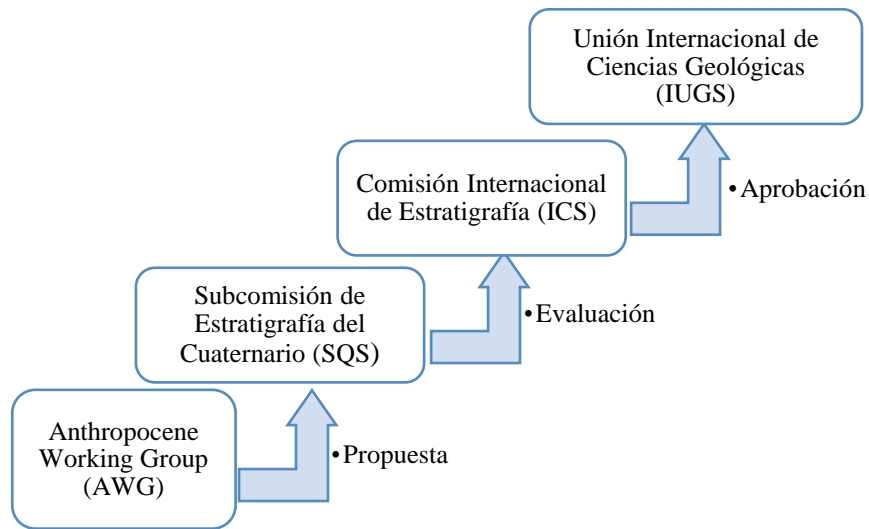
Siguiendo a Malhi (2017), la constitución del AWG en 2009 supuso ser un evento importante en la popularización del término entre científicos naturales, y que se vería ampliada por la ulterior publicación en 2011 de un monográfico sobre el Antropoceno en *Philosophical Transactions of the Royal Society*<sup>98</sup> y la aparición entre 2013 y 2014 de tres nuevas revistas académicas dedicadas al tema: *The Anthropocene Review* —SAGE Publishing—, *Elementa: Science of the Anthropocene* —University of California Press—, y *The Anthropocene* —Elsevier. Así, el término “Antropoceno” también pasó a convertirse en un lugar común entre científicos sociales

---

<sup>97</sup> Como novedad del año 2020, cabe destacar que Jan Zalasiewicz, quien fuera el líder del colectivo desde 2009, ha pasado a ser presidente de la SQS, el organismo directo al que responde el grupo de trabajo sobre el Antropoceno. Ello le ha llevado a renunciar a la presidencia del AWG, que ha sido asumida por el geólogo británico Colin Waters, anterior secretario del grupo y de la Comisión Estratigráfica de la Sociedad Geológica de Londres (AWG 2020).

<sup>98</sup> Dicho monográfico cubrió una pluralidad de perspectivas sobre el Antropoceno como concepto científico (Trischler 2017), incluyendo antecedentes históricos, transformaciones en la biosfera y la propia perspectiva estratigráfica (Malhi 2017).

y académicos de humanidades como concepto cultural (Thrischer 2017), aunque aquí no vaya a tratar este abanico de significados. Lo importante a resaltar aquí es que la aparición del AWG supuso un “giro estratigráfico” (Lewis & Maslin 2018) o “giro geológico” (Bonneuil 2015) en la conceptualización científica del Antropoceno. Y con ello, el Antropoceno pasó de ser un término utilizado informalmente —para subrayar el impacto del ser humano en el Sistema Tierra— a ser un proyecto de investigación geológica con el objetivo de determinar el tipo y el grado del impacto humano en el registro estratigráfico.



*Tabla 1. Proceso estándar de formalización del Antropoceno como unidad geológica formal. El AWG realiza la propuesta a la SQS, que tiene que evaluarla positivamente y trasladarla a la ICS. Si este organismo aprueba la evaluación positiva, la propuesta se traslada a IUGS, institución que finalmente ratificaría y haría oficial la nueva unidad en la Tabla Cronoestratigráfica Internacional.*

### III.2.2. La “utilidad” como valor explícito en la elección del problema de investigación

Desde una perspectiva axiológica, el surgimiento y conformación del AWG suponen una primera cuestión a atender: ¿Qué valores fueron los que guiaron la elección del Antropoceno como línea de investigación? Para responder esta pregunta, puede identificarse al menos un valor explícito que además estará presente en los posteriores informes del AWG: la “utilidad”, valor al que ya aludió el propio Kuhn (I.3.1). Ahora bien: el provecho o beneficio que pueda conllevar la formalización del Antropoceno puede entenderse de diversas maneras. Una cosa es la utilidad como valor epistémico, por ejemplo a la hora de establecer una unidad coherente y respaldada empíricamente que ayude a los científicos a comprender sistemáticamente otros fenómenos naturales, y otra cosa es la utilidad como valor no epistémico, bien sea por su capacidad de transformar la concepción cultural de la Tierra, el apoyo a iniciativas ecológicas sostenibles o la generación de cohesión social y política entre científicos de distintos colectivos. La comprensión del valor “utilidad” —como decía en el primer capítulo— dependerá en buena medida de otros



valores, puesto que éstos no deberían entenderse como valores estáticos y atómicos (I.4.2). El significado de la utilidad puede concebirse de manera distinta entre los geólogos contemporáneos que, por ejemplo, entre los químicos del siglo XIX a los que aludía Kuhn (1982 [1977], p. 360). De ahí que convenga entender este valor siempre de forma interdependiente a otros tantos, todos ellos conformando un sistema que va coevolucionando históricamente entre colectivos.

En el mencionado artículo de la Sociedad Geológica de Londres del 2008, en el que por vez primera se plantea la cuestión del Antropoceno geológico que dará lugar a la conformación del AWG, puede interpretarse sin mayores problemas que la “utilidad” supone ser un valor epistémico relevante para justificar el inicio de la investigación estratigráfica. Hasta ese momento, el término había sido empleado informalmente por Crutzen (Crutzen & Stoermer 2000, Crutzen 2002) y ampliado ulteriormente junto con Steffen y McNeill (Steffen et al. 2007), ya en este último caso como parte del proyecto IHOPE. Como consecuencia de su creciente uso y popularización, el colectivo de geólogos encabezados por Zalasiewicz vio razones suficientes para considerar la utilidad de su formalización e iniciar la investigación estratigráfica reglamentaria al respecto:

“El término Antropoceno, propuesto y cada vez más empleado para denotar el actual intervalo de cambio ambiental global antropogénico, puede examinarse desde el punto de vista estratigráfico [...]. La adopción formal de este término en un futuro próximo dependerá en gran medida de su *utilidad*, sobre todo para los científicos de la Tierra que trabajan en las sucesiones del Holoceno tardío. Este dato, desde la perspectiva del futuro lejano, se aproximará muy probablemente a un límite estratigráfico distintivo” (Zalasiewicz et al. 2008, p. 4, las cursivas son mías).

El hecho de incluir la “utilidad” como un valor inequívoco a la hora de escoger el problema de investigación en estratigrafía no es, en cualquier caso, nada inusual. Este es un punto importante a resaltar: las formalizaciones de nuevas unidades geológicas suelen ser ciertamente pragmáticas, donde la “utilidad” se vincula con otros valores epistémicos como la “sencillez”, la “claridad” o la “coherencia”. Así se manifiesta en la propuesta encabezada por Zalasiewicz:

“[...] Esto permitiría —en el presente y en un futuro próximo— una correlación sencilla e inequívoca de los registros estratigráficos e históricos y daría una utilidad y un significado coherentes a este término todavía informal —pero cada vez más utilizado” (*Ibid.*, p. 7).

Puede decirse entonces que estos valores suelen ejercer un *rol directo* a la hora de conformar el grupo de trabajo sobre el Antropoceno, en tanto que suele considerarse que un cambio en la ICC puede resultar provechoso para una organización coherente de la historia de la Tierra. La inclusión de la utilidad en el núcleo axiológico de los proyectos de formalización puede apreciarse, también, en el grupo de trabajo sobre la subdivisión de la serie del Holoceno, que es otra de las iniciativas actualmente en activo dentro de la *Subcomisión de Estratigrafía del Cuaternario* (SQS):



“Tras la aprobación y ratificación del límite inferior GSSP para la serie del Holoceno [...] se ha debatido sobre la posibilidad y la utilidad de definir formalmente las subdivisiones del Holoceno. [...] Lo más importante será la utilidad de cualquier subdivisión para la comunidad cuaternaria en general; después de todo, no se gana nada creando subdivisiones que tienen poco o ningún valor práctico” (WGSHS 2021, p. 1).

Tal juicio de valor puede contemplarse asimismo en el primer informe del AWG, una vez ya constituido en el año 2009:

“[...] También debemos considerar la cuestión de la utilidad: si una definición más precisa y la formalización del término ‘Antropoceno’ servirían de algo a los científicos de la Tierra. [...] Las decisiones sobre esta cuestión por nuestra parte —y, más adelante, por parte de otros organismos de la ICS/IUGS— quizá deban guiarse por una combinación de contrastación geológica —magnitud estimada del cambio— y utilidad para los científicos de la Tierra que trabajan principalmente dentro de este ámbito científico” (AWG 2009, p. 4).

La utilidad epistémica no es ninguna noticia, por tanto, en el proyecto de formalización del Antropoceno. De hecho, si uno analiza la *Guía Internacional de Estratigrafía* (Salvador 1994), que al menos desde 1976 supone ser la principal referencia en cuanto a metodología, conceptos y criterios axiológicos que guían la práctica geológica contemporánea, puede interpretarse fácilmente la “utilidad” como uno de sus valores capitales:

“La utilidad de los estratotipos de unidades estratigráficas de extensión universal está directamente relacionada con la generalidad con que sean aceptados y reconocidos como estándares de referencia para las unidades” (p. 276).

“Normalmente sólo se dan nombres propios y se consideran unidades formales aquellas capas (capas-guía) que tienen una utilidad en estratigrafía” (p. 277).

“Las formaciones no se deben incluir en grupos a no ser que ello sea útil para la simplificación de la clasificación estratigráfica en determinadas regiones o intervalos” (p. 278).

“Los fósiles son particularmente útiles para reconocer las edades relativas de formación de los estratos” (p. 280).

“[...] son también útiles en el trabajo de superficie las zonas de intervalo definidas como la sección estratigráfica comprendida entre la presencia inferior de dos taxones concretos” (p. 282).

“Para que esta zona de asociación sea útil, puede ser necesario suministrar alguna descripción explícita de sus límites” (p. 283).

“[...] son unidades útiles para la reconstrucción de movimientos de las placas continentales y para la interpretación de la historia geológica de las cuencas oceánicas” (p. 284).

“Una unidad litoestratigráfica tiene siempre alguna connotación cronoestratigráfica y es útil como guía aproximada de la posición cronoestratigráfica” (p. 290).

“La observación en las rocas de las transgresiones, regresiones e inconformidades resultantes pueden ser muy útiles para establecer un marco cronoestratigráfico global” (p. 291).

Todas estas citas aluden a una utilidad epistémica, la cual no parece haber sido diferente a la hora de valorar la pertinencia de conformar el AWG. Ahora bien, aquí llega la novedad: en su primer informe ya puede contemplarse cómo la “utilidad” también empezó a cobrar un sentido extra-epistémico, no sólo reducido a la dotación de un significado oficial y coherente para el uso científico del Antropoceno en el estudio de la Tierra. En la adscripción de los primeros miembros al proyecto de formalización, de hecho, puede verse cómo el artículo publicado por Zalasiewicz et al. (2008) suscitó algo más que una atención exclusivamente intelectual, sino también un interés liderado ante todo por valores no epistémicos. Pondré como ejemplo el caso de Davor Vidas, un abogado especialista en derecho internacional marítimo que figuró como miembro constituyente del grupo (AWG 2009). En un correo electrónico dirigido a Zalasiewicz el 28 de agosto de 2009, se expresó de la siguiente manera<sup>99</sup>:

“Me dirijo a usted para informarme sobre el estado de una propuesta —si se ha presentado— para la adopción, o ratificación, por parte de la Comisión Internacional de Estratigrafía de la época, o edad, del Antropoceno. [...] Mi consulta no es por pura curiosidad, sino que considero que los hallazgos publicados en su artículo tienen una importancia más amplia, aunque posiblemente indirecta, para otras disciplinas, también con implicaciones para nuestras perspectivas de desarrollo del derecho internacional marítimo, que es el tema de mi trabajo e interés de investigación” (AWG 2009, p. 6).

Nótese cómo Vidas sugiere considerar la formalización del Antropoceno guiada también por el rol indirecto de valores jurídicos ligados al derecho internacional marítimo, a lo que Zalasiewicz respondió de la siguiente manera:

“Gracias por su consulta. [...] El término aún no es formal, pero se ha dado el siguiente paso: es decir, se ha creado un Grupo de Trabajo sobre el Antropoceno de la Subcomisión del Cuaternario de la Comisión Internacional de Estratigrafía, que en los próximos años examinará y sopesará las pruebas geológicas —a favor y en contra— y la utilidad —principalmente para las ciencias de la Tierra— en lo que respecta a la posible formalización de la unidad. [...] Me gustaría discutir las implicaciones más amplias para su campo de estudio, porque aunque somos conscientes de las implicaciones sociales

---

<sup>99</sup> El contenido de los mensajes intercambiados por Davor Vidas y Jan Zalasiewicz pueden encontrarse íntegramente en el primer boletín de noticias del grupo de trabajo (véase AWG 2009, pp. 6-9)

generales de este término, las posibles implicaciones prácticas para el derecho internacional serían de considerable interés en nuestro examen de este término” (*Ibid.*, p. 7).

Ante la consciencia de implicaciones sociales del término y el manifiesto interés del líder del AWG en “discutir” utilidades prácticas más amplias del Antropoceno geológico —es decir, considerando la estimación de valores no epistémicos— Vidas se unió al colectivo y respondió así:

“Vemos cada vez más la necesidad de desarrollar enfoques fundamentalmente nuevos en el ámbito del derecho marítimo, que nos permitan responder de forma más adecuada a los retos que se derivan de nuestro nivel actual de utilización de los mares y los océanos. Confío en que, en un futuro próximo, tengamos que dar protagonismo a un nuevo concepto, como el de ‘responsabilidad marítima’ [...] Hoy en día parece que la unión de geólogos y juristas podría ser más útil a un nivel más amplio, al considerar que las propuestas de conceptos como la ‘responsabilidad marítima’ y las pruebas que respaldan una nueva época, el Antropoceno, se refuerzan mutuamente, siendo estos conceptos de interés general y no sólo en relación con preocupaciones particulares” (*Ibid.*, p. 8).

Obsérvese entonces las utilidades extra-epistémicas del proyecto de formalización a las que alude Vidas: desarrollar enfoques nuevos que permitan responder de forma más adecuada al nivel de utilización de mares y océanos. Desde la década de los 80, Vidas es un investigador interesado ante todo en cuestiones legales que vinculan las ciencias naturales con el derecho (FNI 2021), y desde ese momento pasó a involucrarse en la relación del Antropoceno como unidad formal con el desarrollo del derecho internacional, concretamente en las implicaciones jurídicas en los cambios del nivel del mar, los problemas de delimitación marítima y la “responsabilidad marítima” que todo ello conlleva. Con ello, Vidas representa en buena medida cómo la utilidad supuso ser también una utilidad jurídica a la hora de conformar la matriz colectiva del AWG, aunque dicho valor pueda acabar ejerciendo un rol indirecto en la decisión final. El objetivo de Vidas dentro del colectivo es explícito desde sus inicios, en cualquier caso, y se vincula claramente con valores no epistémicos relacionados con el medio marítimo:

[...] Me propongo sugerir algunos vínculos entre la ‘responsabilidad marítima’ y la propuesta de la ‘era/época’ del Antropoceno, al tiempo que reviso también las fuerzas motrices del desarrollo del derecho marítimo hasta ahora. [...] En la afirmación de tales conceptos y propuestas —y de sus vínculos que se refuerzan mutuamente—, los siguientes pasos podrían ser propuestas de resolución por parte de las asociaciones profesionales, y posiblemente de algunas ONG, a partir de las cuales, con el paso del tiempo, se podría seguir avanzando, incluyendo instrumentos por parte de organismos más formales” (AWG 2009, p.8).

Vidas es un autor importante dentro de las publicaciones posteriores del trabajo de formalización, como se mostrará más adelante, pero baste lo expresado para subrayar que su incorporación como miembro del grupo representa en gran parte la mixtura axiológica que surge al incorporar miembros provenientes de otras matrices colectivas. Y eso sí resulta ser una novedad notable, como profundizaré en el apartado III.4. A diferencia de otros proyectos de formalización, en el primer boletín de noticias del AWG se empieza a entrever una importante cuestión axiológica que ha de tenerse en cuenta en el caso del Antropoceno, y que tiene que ver con las implicaciones del proyecto en un contexto más amplio al habitual: “Debemos ser conscientes de sus implicaciones más amplias, aunque —presumiblemente— sin estar influenciados por ellas” (AWG 2009, p. 4).

La utilidad jurídica es sólo un caso que aparece explícitamente en los primeros documentos relacionados con la elección del problema de investigación, pero ¿hubo otros valores implícitos o no triviales? Ciertamente, la disposición a no estar influidos por las posibles implicaciones de su formulación apunta a un compromiso posiblemente marcado por valores morales como la “responsabilidad” o la “imparcialidad”, por poner sólo un ejemplo. La inclusión explícita de la utilidad como un valor no solamente epistémico desde el inicio del AWG es clara y patente, pero a él se le podrían añadir otra serie de valores coadyuvantes, como la “popularidad” del término y el hecho de que su propuesta la haya realizado nada menos que un premio Nobel, famoso por colaborar en la reversión de la destrucción de la capa de ozono (V.2.2). A este respecto, poco se puede decir con la información disponible en las publicaciones relativas a la constitución del AWG, aunque sí puede confirmarse el interés de Jan Zalasiewicz en el impacto del ser humano en la geología terrestre, así como sus consecuencias en el futuro. De hecho, aparte de la publicación de la Sociedad Geológica de Londres (Zalasiewicz et al. 2008) es notable la mención al Antropoceno en su libro “The Earth After Us: What legacy will humans leave in the rocks?” (2008), un libro dedicado a cuestionarse qué tipo de fósiles y “estratos humanos” podrían encontrarse unos hipotéticos alienígenas que estudiaran la historia de la Tierra en el futuro<sup>100</sup>:

“[...] Algunos científicos han llamado a este intervalo —al principio de manera informal y quizá medio en broma, pero ahora más en serio— ‘Antropoceno’ —un término introducido por Paul Crutzen, quien no es geólogo, sino un químico atmosférico ganador del premio Nobel—, y un inicio plausible sería alrededor del comienzo de la Revolución Industrial. Es posible que sea una interpretación totalmente razonable de los acontecimientos. La única cuestión que queda es ponderar la escala de este cambio geológico” (p. 155).

---

<sup>100</sup> El libro fue publicado en el año 2008, al igual que el artículo de la Sociedad Geológica de Londres de ese mismo año. Sin embargo, parece que la escritura del libro fue previa a la del artículo, en tanto que en el primero no se hace referencia alguna a este último y las breves menciones al Antropoceno denotan poco más que curiosidad. La monografía, en palabras de Zalasiewicz, llevó “un tiempo desmesurado —casi geológico— en la escritura” (2008, p. viii). En esta ocasión, su escrito conjeturaba acerca de los posibles registros geológicos de origen humano que podrían llegar a prevalecer en el futuro en los estratos:

“Mi estudio muestra cómo los científicos recopilan indicios en las rocas para comprender el pasado, sus paisajes y su clima, y la naturaleza de las criaturas que lo habitaron. Una fina capa de sedimento aquí, un rastro formado por un gusano rastreador allá... las pistas son a menudo sutiles y difíciles de leer. Pero gracias a esas pistas, los futuros geólogos —ya sea una rata hiperevolucionada o un visitante extraterrestre— podrán descifrar nuestra historia. Mi estudio explora cuáles de nuestras estructuras son susceptibles de dejar huellas, y lo que los futuros exploradores podrían interpretar de nosotros y del impacto que causamos en nuestro entorno”. (Zalasiewicz 2008, p. 10)

Parece entonces que la “razonabilidad”, la “verosimilitud” o la “plausibilidad” de la hipótesis de Crutzen supusieron valores a ser satisfechos cuanto menos para comenzar a estimar la “utilidad” de una investigación genuinamente estratigráfica. A lo que debe añadirse, además, el valor que otorga Zalasiewicz al estudio del futuro de la Tierra en base al impacto humano:

“Mirar al futuro lejano nos da una advertencia para el presente: nuestras actividades ya han dejado una huella importante en el planeta, y no muy halagüeña. No es demasiado tarde para atenuarla. No quisiéramos que los futuros investigadores nos apodaran ‘el simio de dos patas asombrosamente inteligente y absolutamente insensato’” (p. 201).

El interés de los geólogos por el futuro de la Tierra no es, sin embargo, una novedad en la historia de la ciencia: Antonio Stoppani —geólogo italiano del siglo XIX—, por ejemplo, ya mostró ese mismo interés, e incluso propuso un nuevo tiempo geológico dominado el género humano (V.2.1). En cambio, sólo en este momento histórico se ha planteado como un proyecto de formalización acunado por un amplio espectro de académicos y por repercusiones mediáticas sin precedentes: ¿cuáles fueron los valores que guiaron dicha decisión? En esta primera aproximación, puede afirmarse que la “utilidad” fue un valor influyente, quizás en consonancia con la previa estimación de la “verosimilitud” de la hipótesis emitida por Crutzen. Y es cierto que desde los comienzos de la estratigrafía moderna a mediados del siglo XX, este valor epistémico es nuclear en el sistema de valores de la disciplina. No obstante, el cómo lo interpreten los distintos geólogos en momentos epocales diferentes, ciertamente supone una cuestión a atender en el marco de la Axiología Histórica. En el contexto sociohistórico de la estratigrafía moderna, su semántica habitual puede entreverse a través de las declaraciones de Hollis D. Hedberg, quien fue secretario de la Comisión Internacional en Terminología Estratigráfica en 1957. La “utilidad”, co-aplicada con la “simplicidad” y la “veracidad” [*verity*], suponían ser las “principales cualidades a alcanzar” (1957, p. 1881), a los que habría que añadir la “amplitud”, “claridad”, “precisión” y la “tolerancia” de los términos que la estratigrafía genera como disciplina<sup>101</sup>. Hedberg lo expresaba de la siguiente manera:

“La terminología estratigráfica, al igual que la clasificación estratigráfica, es, por supuesto, sólo un medio para alcanzar un fin, no el fin en sí mismo. Sin embargo, desempeña inevitablemente un papel muy importante en el pensamiento estratigráfico. Todos tenemos un deseo muy natural de mantener la terminología lo más *simple* posible y ciertamente sólo hay una justificación para un término estratigráfico y es la *utilidad*. Si un término (o una forma de clasificación) no es útil o ha dejado de serlo, no hay ninguna

---

<sup>101</sup> La “tolerancia” como valor epistémico es un criterio axiológico no mencionado por Kuhn, Putnam, Laudan o Echeverría, pero que sin embargo tiene su peso en la elección de opciones estratigráficas. Aquí la “tolerancia” no se entiende necesariamente como un valor moral o social, sin perjuicio de que derive de ellos, sino que alude a la generación de términos y conceptos que, además de ser útiles dentro de la comunidad estratigráfica, también lo sean con las necesidades epistémicas de otros colectivos o disciplinas. Puede entenderse de forma similar a la “fecundidad” o “amplitud”, pero su matiz es distinguible. La “tolerancia” posee un significado práctico o aplicado, aludiendo al compromiso de construir equilibradamente un concepto en base a una pluralidad de demandas concretas. Pienso que en este caso se trata de un valor más bien epistémico, al igual que la “utilidad”, puesto que tiene una semántica intelectual concreta en la decisión de constituir conocimiento científico. Su sentido aplicado puede plantear la cuestión de si conviene incluir como valor epistémico o no, cosa que habría que esclarecer con mayor detenimiento.

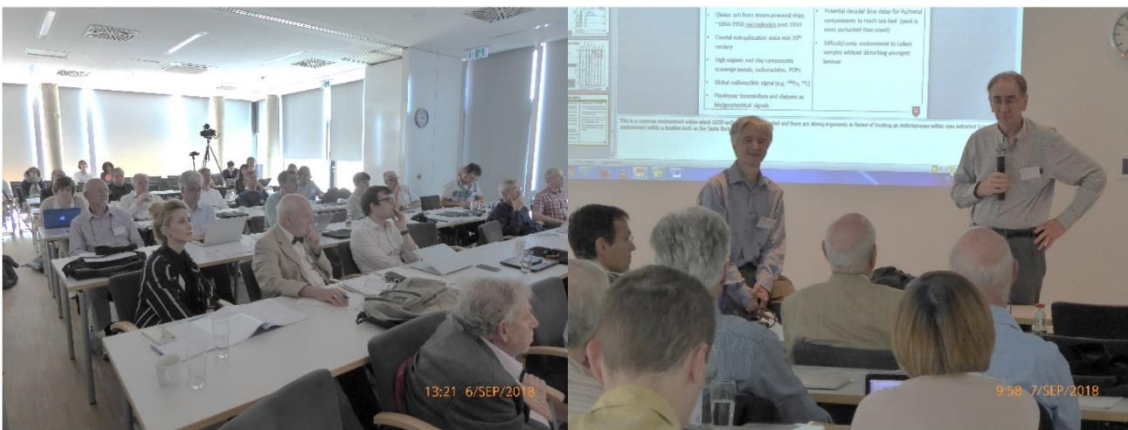
razón para intentar perpetuarlo. Sin embargo, a la hora de decidir qué es útil, debemos ser *tolerantes* con las necesidades de otros, además de las nuestras. Debemos reconocer que un especialista en cualquier campo requerirá necesariamente más términos que un lego. Tendrá que expresar matices de pensamiento más *precisos* de lo que puede parecerle a una persona ajena a la profesión y, en consecuencia, debe tener un vocabulario adecuado. Al mismo tiempo, debe haber términos más *amplios*, pero no menos correctos, para los investigadores de campos científicos e industriales adyacentes, que les permitan manejar, de manera general, los resultados obtenidos por el especialista sin necesidad de entrar en los detalles más intrincados del vocabulario del especialista” (p. 1883, las cursivas son mías).

Puede observarse, de esta manera, cómo los varios de los valores postulados por Kuhn (1982 [1977]) son perfectamente identificables en la práctica estratigráfica moderna. En este caso, valores como la “simplicidad” la “precisión” y la “amplitud” dependen de la “utilidad”, que claramente se manifiesta en un orden jerárquico superior:

“[...] La estratigrafía tiene un alcance mundial y el progreso mundial en estratigrafía depende en gran medida de una clasificación y una terminología que nos permita expresar los conceptos estratigráficos necesarios de forma *clara, sencilla y precisa*; que permita la comprensión mutua más allá de las barreras políticas y lingüísticas; y que en su *amplitud y tolerancia* básicas deje espacio para el crecimiento y el desarrollo que requiere cualquier campo dinámico de la actividad científica. [...] Sólo hay una prueba válida para un término estratigráfico o una forma de clasificación estratigráfica. Es la *utilidad*. La terminología estratigráfica no es más que el lenguaje de la estratigrafía y, como en cualquier lenguaje, las necesidades reales de expresión son siempre más fuertes que los diccionarios y las personas que intentan recopilarlos. A la larga, no cabe duda de que sólo prevalecerán las palabras, los términos y los conceptos que sean útiles” (Hedberg 1957, p. 1896, las cursivas son mías).

Ahora bien: aunque la “utilidad” pueda considerarse un valor habitual y predominante en estratigrafía, ¿cómo puede entenderse su interpretación particular en el contexto del AWG? Y lo que también es relevante: ¿es la consideración de la “utilidad” independiente de su *para qué*? Pienso que no, de ahí que aluda a *sistemas* de valores. Las explicitaciones antes mencionadas del AWG puedan encubrir la influencia de una pluralidad de valores que no son identificables a través del análisis empírico de su discurso. La indagación en estos matices larvados requieren situarlo en un contexto histórico más amplio, que se remonta a mediados del siglo XX. Tampoco parecería sensato relegar dichos valores a la dimensión “externa” de la ciencia, como a la elección del Antropoceno como línea de investigación. Más adelante mostraré que, en este caso, la “utilidad” puede entenderse como un *transvalor* que no solamente se presenta recluido en una fase inicial de investigación, como si —siguiendo a Weber (2011 [1949])— ésta pudiese separarse de las demás, sino que se entrelaza y cobra su peso en el largo proceso de recopilación de evidencias y constitución de conocimiento.





*Ilustración 2. El Anthropocene Working Group en varias reuniones celebradas entre 2017 y 2020. En la imagen de arriba se observan algunos integrantes, ente ellos Will Steffen (en lo alto), Alejandro Cearreta (centro), Jan Zalasiewicz y Colin Waters (abajo). En la imagen inferior izquierda puede observarse a Paul Crutzen (izquierda) junto a Jan Zalasiewicz (derecha). La imagen inferior derecha corresponde a una reunión mantenida en el Max Planck Institute for Chemistry (Mainz), donde Crutzen era director del departamento de Química Atmosférica. También aparece Jürgen Renn, director del Departamento I del Max Planck Institute for History of Science (Fuente: AWG 2009, 2020).*



### III.3. Fase de recopilación de evidencias: métodos, propuestas y valores

Como he señalado en el [Capítulo I](#), las instituciones científicas —como las diversas comisiones y organizaciones geológicas— rigen la práctica estratigráfica a través de una serie de normas y metodologías convenidas, las cuales están ciertamente cargadas de valores ([Laudan 1984](#); [Echeverría 2002, 2018](#)). Para el caso de la formalización del Antropoceno, actualmente algunos geólogos —como [Finney y Edwards \(2016\)](#) o [Monastersky \(2015\)](#)— cuestionarían la presencia de un *ethos mertoniano* en el AWG, poniendo en entredicho el “universalismo”, el “comunismo”, el “desinterés” o el “escepticismo organizado” dentro del colectivo ([Merton 1973 \[1942\]](#)). Sin embargo, el aporte de Merton relativo a las normas es interesante para el análisis axiológico, en tanto que afirma que las normas no son obligatorias sólo porque estén justificadas metodológicamente, sino porque se las cree correctas y buenas (*Ibid.*). En otras palabras: las reglas y normas son la institucionalización consecuenta a ciertos valores, y no al revés. Por eso, a la hora de estudiar los valores en la definición geológica del Antropoceno, una vía de hacerlo es a través del examen de las reglas y procedimientos que necesariamente han de cumplir los miembros del AWG. Estos se encuentran en la *Guía estratigráfica Internacional* ([Salvador 1994](#)), que supone la principal referencia metodológica para establecer cualquier cambio en la Escala de Tiempo Geológico. Por otra parte, los investigadores del grupo de trabajo han de velar por el cumplimiento de la *Guía y Estatutos de la Comisión Internacional de Estratigrafía* ([Cowie et al. 1986](#), [Remane et al. 1996](#)), a la cual subyacen diversos valores jurídicos, morales, económicos, técnicos, etc., que guían los procesos de organización, votación y toma de decisiones en la investigación. Ambas referencias son claves para identificar valores explícitos en las deliberaciones desarrolladas en torno a la formalización del Antropoceno.

#### III.3.1. El rol de los valores epistémicos en la elección del límite estratigráfico

Como cualquier otra unidad dentro de la ICC, uno de los aspectos más importantes que decreta la guía para definir el Antropoceno es el establecimiento de su límite, bien sea su inicio temporal o un límite inferior dentro de los estratos. Concretamente, la norma establece dos dimensiones distinguibles con las cuales se divide la historia de la Tierra: la *dimensión cronoestratigráfica* —que refiere a la superposición material de rocas o estratos— y la *dimensión geocronológica* —que refiere al transcurso del tiempo en base a eventos o acontecimientos históricos relevantes ([Tabla 1](#)). Ambos sistemas de ordenamiento son dependientes entre sí, en el sentido de que un cambio en una dimensión supone necesariamente un cambio en el otro<sup>102</sup>. En el caso del Antropoceno, actualmente hay una opinión mayoritaria dentro del AWG a considerarla dentro del rango de “época”, por lo que su formalización debería tener una contraparte material en forma de “serie” del Antropoceno ([Zalasiewicz et al. 2019](#)).

---

<sup>102</sup> Por ejemplo, cuando se ha redefinido recientemente el comienzo del Pleistoceno de hace 1.8 millones de años a 2.6 millones de años ([Gibbard et al. 2010](#)), el cambio ha afectado simultáneamente a la época del Pleistoceno y a la serie del Pleistoceno ([Zalasiewicz et al. 2019](#)). Son unidades interdependientes.

Unidades Cronoestratigráficas	Unidades Geocronológicas
Eonotema	Eón
Eratema	Era
Sistema	Período
Serie	Época
Piso	Edad
Cronozona	Cron

Tabla 2. Correspondencias entre unidades geocronológicas y cronoestratigráficas, ordenadas de mayor (arriba) a menor (abajo) nivel jerárquico en la Escala de Tiempo Geológico. Fuente: elaboración propia.

El Antropoceno necesita, en consecuencia, una consideración tanto como unidad geocronológica como unidad reflejada físicamente en un registro estratigráfico. Esta serie del Antropoceno contendría a todos aquellos depósitos sedimentados sobre su límite fijado, tengan éstos causa humana o no, incluidas arenas del desierto o tobas volcánicas, por ejemplo (Williams et al. 2014, Cearreta 2015). No se trata de identificar marcadores estratigráficos del límite que reflejen el momento de inicio del cambio antropogénico, es decir, la aparición o no de rastros humanos en los estratos. Más bien se pretende comprobar si los registros geológicos en los estratos—y la dinámica que los caracterizan— han variado lo necesario como para fundamentar el reconocimiento de una nueva unidad temporal (*Ibid.*).

El estudio de la evidencia empírica disponible suele hacerse a través de diferentes métodos, como la *bioestratigrafía*, la *quimioestratigrafía* o la *magnetoestratigrafía*<sup>103</sup>. Todos ellos sirven para establecer correlaciones entre sucesiones de estratos en diferentes áreas, en base a las cuales puede elaborarse una historia detallada de la Tierra (Zalasiwicz et al. 2019). Para ello, se establecen una serie de puntos de referencia dentro del tiempo, los cuales pueden ser de dos tipos: una Edad Estratigráfica Global Estándar (GSSA) [*Global Standard Stratigraphic Ages*] y, por otra parte, una Sección Estratotipo y Punto de Límite Global (GSSP) [*Global Boundary Stratotype Sections and Points*]. Los primeros son límites numéricos que se establecen en los registros estratigráficos más antiguos, donde apenas se dispone de materiales fósiles. En cambio, los GSSPs —también conocidos como los “picos de oro” [*golden spikes*] (*Ilustración 2*)— son referencias seleccionadas en los estratos que definen el comienzo de un intervalo a través de un cambio cualitativo en el registro fósil o los indicadores químicos (Remane et al. 1996).

<sup>103</sup> La bioestratigrafía, por ejemplo, organiza las unidades litológicas en base a su contenido en fósiles, los cuales suelen suponer una excelente guía para el establecimiento de límites temporales (Hine 2019). Por su parte, la quimioestratigrafía —o estratigrafía química— estudia las variaciones químicas dentro de las secuencias sedimentarias a la hora de determinar las relaciones entre diferentes capas de rocas (Ramkumar 2015). En cuanto a la magnetoestratigrafía, esta trata de analizar la polaridad del campo magnético terrestre en el tiempo en que se depositaron los estratos (Opdyke & Channell 1996).



*Ilustración 3. Sección Estratotipo y Punto Límite Global (GSSP) o “pico de oro” para la base del Piso Luteciense. Localizado a 167,85 m del acantilado marino de Gorrondatxe, municipio de Getxo (Bizkaia), y corresponde al nivel de marea oscura que contiene la menor concentración del nanofósil calcáreo “Blackites inflatus”. Edad estimada: 47,8 millones de años.*

*Fotografías realizadas por el autor.*



La elección de un límite acarrea por tanto una serie de valores epistémicos nucleares. Kuhn (1982 [1977]) se refirió a la “precisión” de las teorías científicas, pero dicho valor también es aplicable a las definiciones estratigráficas. Como afirma Cearreta (2015), por ejemplo, un GSSP en el registro fósil —idealmente en combinación con señales isotópicas y paleomagnéticas— se considera un marcador más preciso que la selección de fechas numéricas establecida mediante un GSSA<sup>104</sup>. Otro tanto ocurre con el valor de la “coherencia”, puesto que, en este caso, la unidad propuesta debe ser coherente con el resto de las unidades ya establecidas en la ICS (Salvador 1994). Por supuesto, extrapolando a Kuhn (1982 [1977]), la “coherencia” en la definición de una unidad también debe serlo internamente o consigo misma, puesto que la selección de un límite debe correlacionar coherentemente la dimensión temporal y material de una unidad geológica: “[los geólogos] buscan en primer lugar el máximo potencial de correlación temporal, haciendo menos hincapié en los factores que se interpretan como de mayor importancia geohistórica” (Zalasiewicz et al. 2019, p. 16). Algunas veces la correlación entre ambas dimensiones se considera exacta. Sin embargo, la mayoría de las veces los límites se extienden en un intervalo de tiempo con cambios complejos, por lo que se necesitan tomar decisiones para estimar qué evento, en ese prolongado intervalo, provee la “mejor” marca temporal (Walker et al. 2009, Williams et al. 2014, Waters et al. 2014). En este sentido, la “simplicidad” es también un valor estimado en

<sup>104</sup> El Holoceno es la unidad temporal definida más recientemente por un GSSA, datado por radiocarbono diez mil años antes de 1950. No obstante, el GSSA ha sido sustituido por un GSSP o “pico de oro” fechado con casi doce mil años de antelación al año 2000. El límite se encuentra a una profundidad de 1.492,45 metros dentro del sondeo NGRIP realizado en Groenlandia, y se ha identificado, entre otras cosas, por un cambio en la composición del deuterio (véase Walker et al. 2009). El GSSP se estima más valioso que el GSSA, en tanto que se puede fijar el límite de la unidad temporal con mayor precisión.

la elaboración de la Tabla Estratigráfica Internacional (Salvador 1994), en tanto pretende ordenar el tiempo geológico a través de evidencias que tomadas por separado estarían aisladas y en conjunto serían confusas.

En cualquier caso, los valores referidos por Kuhn son sólo algunos valores epistémicos habitualmente presentes en la elección de teorías, pero para establecer el límite más adecuado los geólogos también suelen guiarse por otros valores epistémicos, algunos comunes a otras prácticas científicas y otros específicas de la investigación estratigráfica. Se pueden interpretar algunos de ellos a partir de los documentos proporcionados por el AWG:

“Un límite válido para el Antropoceno no tiene por qué basarse, por ejemplo, en las primeras huellas significativas de la actividad humana [...] o incluso en las que puedan considerarse de mayor importancia en términos de transformación [...]. [En cambio] debería proporcionar la división geológica más clara posible, reconocible y prácticamente sincrónica. [...] Del mismo modo, es más importante que el límite permita el mejor trazado de un único plano temporal alrededor del planeta que el hecho de que coincida exactamente con el momento de mayor cambio global” (Zalasiewicz et al. 2019, p. 16).

Como se desprende de sus palabras, la aceptación de un límite lo suficientemente valioso parece conllevar la satisfacción de valores epistémicos como la “claridad” o la “inteligibilidad”, así como otros más específicos de la práctica geológica, en particular la “sincronicidad” y la “globalidad”. Cuando el AWG afirma buscar el límite sincrónico y global más detectable posible, quieren decir que sus evidencias deben referirse a un fenómeno ocurrido dentro de un mismo lapso de tiempo y que sus efectos se hayan desplegado regularmente por toda la Tierra, no limitándose a regiones acotadas (Zalasiewicz et al. 2019). Estos valores suponen ser nucleares, puesto que son requisitos necesarios para aceptar un límite estratigráfico en particular. A ellos se les ha de añadir otra serie de valores que estiman cuando un estrato es valioso para aceptarlo como evidencia, entre los que figuran la “espesura” y la “continuidad” del sedimento —sin huecos ni condensaciones y con suficiente grosor para garantizar un intervalo geocronológico— o la “diversidad” y “abundancia” de los fósiles en dicho intervalo (Remane et al. 1996, p. 78). De hecho, desde que en el año 2000 el término “Antropoceno” apareciera en el discurso científico, se han propuesto diferentes opciones para la fijación del inicio del Antropoceno, pero sólo tres de ellas han suscitado mayor atención por parte del AWG a la hora de evaluar posibles señales estratigráficas en base a la satisfacción de dichos valores nucleares: la Revolución Neolítica, la Revolución Industrial y la Gran Aceleración del siglo XX. Y entre ellas, según el AWG, sólo la última ha satisfecho las cotas mínimas de los valores mencionados:

- (i) La Revolución Neolítica [9.700 a.C. aprox.]

Algunos autores como William F. Ruddiman (2003, 2013) han defendido la tesis conocida como el “Antropoceno temprano”, en la cual se asegura que hay pruebas suficientes para hacer coincidir su comienzo con los primeros impactos humanos sobre la geología superficial de la Tierra, particularmente a modo de modificaciones en el entorno natural o variaciones de biota durante el Neolítico. De acuerdo con este autor, el surgimiento de la actividad agrícola



supuso una alteración de la cantidad de CO<sub>2</sub> —aumentando en 20 ppm durante miles de años— que provocó que la temperatura se mantuviera estable durante el Holoceno que imposibilitó, por tanto, la entrada a una nueva fase glacial. Esta es una hipótesis reivindicada fundamentalmente por arqueólogos, ya que se apoya en señales vinculadas a los registros arqueológicos del comienzo de la deforestación, de la explotación agrícola y de la domesticación de los animales (Edgeworth et al. 2015). Según Ruddiman (2003, 2013), la invención del arado, la cerámica horneada, el perfeccionamiento de las herramientas líticas y la innovación en los mecanismos de construcción sentaron las bases para el asentamiento permanente y el incremento de la producción y demografía humanas. Por eso, Ruddiman afirma que el paso de las sociedades de cazadores-recolectores a las sociedades sedentarias hicieron que el período interglaciar que vivimos haya sido diferente de todas las fases cálidas previas, lo cual proporcionaría una evidencia valiosa para situar el comienzo del Antropoceno hace aproximadamente 11.700 años.

Sin embargo, como ha señalado Cearreta (2015), desde una perspectiva estratigráfica el límite del Antropoceno temprano sustentado en indicadores antropogénicos difícilmente puede satisfacer valores como la “inteligibilidad”, en tanto que las señales del cambio ocasionado por el ser humano —como biotas vegetales, artefactos o especies animales modificadas— son el reflejo de una extensión e intensidades irregulares de presencia de seres humanos. Los criterios que definen este periodo se pueden reconocer a nivel local y diacrónico, lo cual podría satisfacer los valores epistémicos que rigen la práctica de la arqueología. Sin embargo, la “localidad” y la “diacronicidad” —en oposición a la “globalidad” y la “sincronicidad”— son, precisamente, disvalores a la hora de establecer un límite estratigráfico en geología. Además, como también señala Cearreta (2015), esta propuesta presentaría una superposición con el Holoceno que provocaría que la nueva época fuera poco “coherente” como unidad temporal distintiva en geología, que es otro valor nuclear en a la hora de introducir cambios en la ICS (Salvador 1994).

(ii) La Revolución Industrial [1784 d.C. aprox.]

Como he señalado en el anterior apartado, la idea original sobre el Antropoceno propuesta por Paul Crutzen (2002) relacionaba su inicio con la Revolución Industrial. Concretamente, Crutzen propuso su comienzo con la aparición de la máquina de vapor a partir del siglo XIX, que coincidió con los primeros incrementos en la concentración de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> atmosféricos superiores a la media durante el Holoceno. Según los datos proporcionados por Crutzen —y ulteriormente ampliados con Steffen y McNeill (2007)— la industrialización de hace aproximadamente 200 años ha provocado una transformación relevante en las sociedades humanas y el medio ambiente, habiendo hecho surgir la maquinaria que sustituyó muchas de las prácticas tradicionales en fabricación de bienes materiales. La maquinización del trabajo, las grandes producciones, la transformación de la energía que hizo posible la máquina de vapor y las explotaciones masivas de hierro y carbón fueron algunos de los factores clave que provocaron un aumento significativo de los índices de CO<sub>2</sub> atmosférico, lo que, a juicio de Crutzen, pudo ser un aspecto definitorio del inicio de la nueva época geológica (Crutzen & Stoermer 2000, Crutzen 2002).

Comparado con la hipótesis de Ruddiman, Cearreta (2015) afirma que un límite vinculado al arranque de la Revolución Industrial resultaría ser más representativo de un fuerte cambio en

el planeta. Sin embargo, este límite parece replicar en menor grado los disvalores relacionados con la propuesta de Ruddiman. La Revolución Industrial se desplegó a lo largo de un siglo desde Inglaterra hasta Europa continental y América del Norte (Grinevald et al. 2019) y, en cierto modo, la actual industrialización en India o China supone la prolongación de la misma. Las marcas estratigráficas directamente ligadas al proceso de industrialización y su consiguiente urbanización son, entonces, diacrónicas e influidas por discontinuidades a pequeña escala. No satisfacen adecuadamente los valores epistémicos de la “sincronicidad” y la “globalidad” a la hora de establecer un límite estratigráfico (Zalasiewicz et al. 2019). Así como para Crutzen la relevancia del Antropoceno residía en las dimensiones de la transformación ambiental por parte del ser humano —lo cual, como se muestra en V.4.2, conlleva una concepción marcadamente universalista del ser humano—, la perspectiva estratigráfica se basa en los efectos que se estiman inteligibles, sincrónicos y globales en las rocas y sedimentos. Y en este sentido, las señales globales apuntadas por Crutzen —como el incremento de los niveles de CO<sub>2</sub>— son cambios paulatinos en el transcurso de las décadas y, por tanto, no parecen colmar suficientemente los valores epistémicos mínimos para establecer un límite satisfactorio.

(iii) La Gran Aceleración del siglo XX [1950 d.C. aprox.]

La tercera opción estudiada —y finalmente escogida— por el AWG para el establecimiento de un posible límite para el Antropoceno acontece con la denominada “Gran Aceleración del siglo XX” (Steffen et al. 2007, 2015a; McNeill & Engelke 2016; Head et al. 2021). Como ya he señalado en el apartado II.2, este concepto ha sido desarrollado dentro de la historiografía IHOPE, la cual está estrechamente ligada a la comunidad del Cambio Global y, por tanto, al colectivo de la ESS. Según sus proponentes, este intervalo de tiempo comienza a partir de la Segunda Guerra Mundial, cuando se inició un crecimiento socioeconómico exponencial sin precedentes. Esta aceleración comenzó a producirse en varios aspectos: movilidad, producción industrial, consumo energético y población, entre otras variables (ANEXO III). Siguiendo las últimas actualizaciones de los indicadores propuestos (Steffen et al. 2015a), desde el inicio de la Gran Aceleración se habrían “producido tres cuartos del impacto atmosférico total provocado por la emisión de CO<sub>2</sub>” (Granados 2021, p. 17). Además, “el número de vehículos motorizados habría aumentado de 40 millones a 1300 millones, la población mundial se habría triplicado y el número de habitantes urbanos habría pasado de 700 millones a 3.700 millones” (Ibid.). Y en 1950 “el mundo habría producido alrededor de 1 millón de toneladas de plástico, pero en 2015 la cifra habría aumentado a 300 millones de toneladas” (Ibid.). Algo parecido ocurriría con la cantidad de nitrógeno sintetizado —a consecuencia de la fabricación de fertilizantes— que habría dejado de ser menor a 4 millones de toneladas para pasar a ser superior a los 85 millones (McNeill & Engelke 2016).

La Gran Aceleración del siglo XX se ha reconocido como un gran cambio en el funcionamiento del Sistema Tierra por parte de los científicos de la ESS (Steffen et al. 2007, 2015a, 2020). Sin embargo, también se refleja en varios marcadores estratigráficos incluidos en el último informe del AWG (Zalasiewicz et al. 2019, véase también Head et al. 2021), los cuales sí que parecen satisfacer el núcleo de valores epistémicos recogidos por la Guía Estratigráfica Internacional. Todo ello siempre según el AWG, recuérdese. Según ellos, estos marcadores abarcan:



- (i) La propagación de isotopos radioactivos por la atmósfera del planeta a partir de las primeras detonaciones de bombas atómicas entre 1945 y 1952.
- (ii) La duplicación de los depósitos de nitrógeno reactivo a consecuencia de la generación de fertilizantes a través del proceso Haber-Bosch.
- (iii) La emergencia y difusión por todo planeta de nuevos materiales antropogénicos — como cemento, plástico o piezas de aluminio— y de objetos producidos con esos materiales, los cuales podrían considerarse como los “tecno-fósiles” del futuro<sup>105</sup>.
- (iv) La difusión por el planeta de contaminantes de origen industrial, como nuevos compuestos orgánicos y altas concentraciones de metales pesados.
- (v) La modificación comunidades bióticas a través de extinciones e invasiones de especies terrestres y marinas, lo cual previsiblemente dejará un registro paleontológico.
- (vi) El incremento de combustiones de hidrocarburos, lo cual ha provocado un incremento de 120 ppm de CO<sub>2</sub> en la atmósfera desde mediados del siglo XX.
- (vii) La triplicación —en términos globales— del transporte sedimentario de ríos a océanos, provocado por los traslados anuales de material por la actividad humana.

Algunas de estas señales —como los radionucleidos (i)— parecen satisfacer sobradamente los valores de la “sincronicidad” y la “globalidad”, mientras que otros lo satisfacen más modestamente, como (vi) o el (iii) relativo al asentamiento de posibles tecnofósiles como ladrillos, bolígrafos o CDs que se extienden muy rápido a lo largo del planeta desde que se fabrican. Estos y otros marcadores estratigráficos recogidos en Zalasiewicz et al. (2019) han sido estimados para identificar satisfactoriamente un límite estratigráfico para el Antropoceno en torno a la idea de la Gran Aceleración propuesta por Steffen et al. (2007, 2015a). Y, efectivamente, el AWG ha terminado por considerar mayoritariamente esta opción, en detrimento de la propuesta del “Antropoceno temprano” (Ruddiman 2003, 2013) y la Revolución Industrial (Crutzen & Stoermer 2000, Crutzen 2002). Así lo han manifestado en la última votación llevada a cabo el 21 de mayo 2019, donde además han acordado optar por proponer un GSSP basándose en el criterio (i), es decir, en la evidencia obtenida por la propagación global y sincrónica de radionucleidos provocados por explosiones artificiales (III.3.2).

Seguendo a Cearreta (2015), la mayoría de los radionucleidos de origen humano acumulados en el medio ambiente se originaron a causa de las pruebas de bombas nucleares entre 1945 y 1980<sup>106</sup>.

---

<sup>105</sup> Algunos geólogos como Peter Haff (2014) afirman la existencia de una intensa “tecnosfera” compuesta por diferentes objetos y estructuras artificiales que han ido depositándose y cementándose en las capas superficiales de la Tierra. Dicha tecnosfera estaría globalmente interconectada y se superpondría a otras esferas previamente existentes, como la atmósfera, la hidrosfera, la biosfera o la litosfera. A diferencia de las esferas naturales, la tecnosfera desarrolla un reciclaje incompleto de desechos, por lo que ese es una de sus mayores problemáticas desde el punto de vista ecológico. Esto provoca que buena parte de la tecnosfera no sólo se quede en vertederos de residuo sólido, sino también a modo de gas vertido a la atmósfera, como dióxido de carbono y metano, así como otros elementos que contaminan y terminan en la hidrosfera o en sedimentos de la capa superficial de la Tierra (Zalasiewicz et al., 2014). De ahí que la tecnosfera física abarque un número variado de “tecnofósiles” que ya pertenecen registro geológico del planeta y que ya superan en cantidad y diversidad la biosfera actual (*Ibid.*). Por mi parte, he desarrollado una concepción filosófica de dichos fenómenos en otro lugar (Granados 2021), aunque aquí no ahondaré en esta cuestión.

<sup>106</sup> Durante este período se llevaron a cabo un total de 543 ensayos atmosféricos, tanto en Asia, como en el Océano Pacífico y la parte oeste de EE. UU. Estas detonaciones fueron más frecuentes entre los años 1951

En un primer período concernido entre 1945 y 1951, los ensayos nucleares se realizaron con bombas de fisión que ocasionaron la introducción de radioisótopos en las capas troposféricas a donde se ocasionaron dichas explosiones. Y además, ulteriormente, en 1952 se empezaron a realizar ensayos con bombas de fusión de mayor envergadura —termonucleares o de hidrógeno— que ocasionaron la introducción de radioisótopos en la estratosfera que se diseminaron a través de toda la superficie de la Tierra, especialmente entre los años 1961 y 1962 (*Ibid.*, Ilustración 4). La entrada de estos radionucleidos disminuyó drásticamente a finales de los 60, puesto que los ensayos comenzaron a realizarse subterráneamente y, después, en 1980 cesaron completamente (Waters et al. 2015). No obstante, muchos de los radionucleidos diseminados en principio seguirán presentes en la Tierra durante cientos de años. Y en este sentido, el AWG ha estimado varios de ellos como potenciales marcadores para establecer un límite inicial al Antropoceno.

En un principio se consideró el Cesio-137 [ $^{137}\text{Cs}$ ] como isótopo radioactivo más reconocible globalmente, y que fue resultado de los programas militares antes mencionados. Dado que se trata de un radioisótopo artificial, no hay fuentes naturales que lo hayan generado y su primer incremento en la atmósfera del hemisferio norte data del año 1952, así como un máximo en 1963 identificable con “claridad” (Cearreta 2015). Estos isótopos de corta vida se han empleado mucho para fechar sedimentos recientes (Irbien et al., 2015), aunque parece que al final el AWG ha estimado reemplazarlo por el Plutonio-239 [ $^{239}\text{Pu}$ ] como el isótopo de vida larga con mayor detectabilidad en el planeta y por tanto como posible mejor marcador cronológico del Antropoceno (Waters et al. 2015, Zalasiewicz et al. 2019). El Plutonio-239 es bastante inusual en el mundo natural, aunque estamos hablando de uno de los componentes más relevantes en los depósitos atmosféricos ocasionados por la bomba atómica. Posee una vida media notablemente elevada —alrededor de 24.110 años— que lo ha convertido, de hecho, en uno de los radionucleidos artificiales más persistentes y detectables en los próximos 100.000 años (Cearreta 2015), además de presentar una solubilidad baja y una reactividad alta que hace que se asocie de forma rápida con partículas orgánicas, y que por tanto lo conviertan en un marcador muy estable en los distintos niveles de sedimento<sup>107</sup>.

En este contexto, parece que la posibilidad axiológicamente más satisfactoria fuese que el Antropoceno comenzase en el momento de la detonación de la primera bomba atómica, es decir, la bomba Trinity detonada a las 11:29:21 horas del 16 de julio 1945 —en base al meridiano de Greenwich— en Alamogordo —Nuevo México, EE. UU. No obstante, desde el punto de vista estratigráfico, el año 1952 abarcaría toda señal estratigráfica de radionucleidos vinculada con la bomba atómica. El lapso entre sendas fechas sólo es de siete años y supone una acotación bastante precisa para establecer un límite general alrededor de los años 50. Como señala Cearreta (2015), este fenómeno sería parecido al límite Cretácico/Paleógeno que, además de identificarse con un GSSP —en una roca con alto contenido de iridio de hace 66 millones de años— en Túnez, se ha instaurado en el preciso momento en el que impactó un meteorito en la Península de Yucatán (Molina et al. 2006). De modo que esta propuesta podría satisfacer también valores como la “concordancia” o el “repetibilidad” con respecto a otras propuestas del pasado que fueron finalmente aceptadas (Waters et al. 2014). En cualquier caso, localizar el límite en un momento exacto de tiempo debe satisfacer el valor de la “coherencia”, en este caso con el Código

---

y 1958 y los años 1961 y 1962. Como es conocido, este tipo de pruebas fueron interrumpidas con la firma en 1996 del *Tratado de Prohibición Completa de Ensayos Nucleares* (UNSCEAR 2000).

<sup>107</sup> El plutonio suele depositarse en aguas costeras, especialmente en lugares pobres en oxígeno y ricos en materia orgánica. Según indica Cearreta (2015), la “distribución geográfica de estos radioisótopos muestra que su depósito se concentra en las latitudes medias de cada hemisferio, es mínimo en los polos y el Ecuador, y máximo en el hemisferio norte donde se produjeron la mayoría de las pruebas atómicas” (p. 54).

Internacional de Estratigrafía y con el límite Pleistoceno/Holoceno definido. La decisión final que se tome entre 1945 o 1952 se basará en las interpretaciones y estimaciones del total de evidencia estratigráfica que sigue recogiendo el AWG en la actualidad.



*Ilustración 4. Detonación de la bomba “Mike” el 31 de octubre de 1952, en Enewetak Atoll (Océano Pacífico). Dentro de la operación “Ivy”, fue la primera prueba termonuclear realizada. Con sus 10.4 megatones superó a la potencia del conjunto de todos los explosivos utilizados en las dos guerras mundiales. Fuente: The Nuclear Weapon Archive.*

### III.3.2. El rol de los valores no epistémicos en los procesos de votación

Todas las estimaciones llevadas a cabo por el AWG, incluida la elección de un límite estratigráfico para el Antropoceno y la identificación de los mejores marcadores para justificarla, no sólo comportan valores epistémicos como los mostrados en el anterior apartado. También han de satisfacerse una serie de valores no cognitivos, o no epistémicos<sup>108</sup>. Muchos de ellos también suponen ser nucleares, en tanto que si no se cumplen no se acepta una proposición científica particular, por mucho que se hayan satisfecho todos los valores epistémicos pertinentes. En concreto, atendiendo a la *Guía y Estatutos de la Comisión Internacional de Estratigrafía* (Cowie et al. 1986, Remane et al. 1996), se pueden interpretar la presencia explícita de valores políticos, económicos, jurídicos, sociales, morales y ecológicos en el propio proceso de constitución de una nueva unidad estratigráfica. Todos ellos están presentes en el trabajo del AWG, en tanto que son criterios axiológicos requeridos para cumplir con su cometido. En el anterior subapartado he mostrado cómo valores tales como la “precisión”, la “coherencia”, la “simplicidad”, la “sincronicidad” o la “globalidad” están jugando un rol directo o nuclear en la decisión de definir un límite a mediados del siglo XX a través de un GSSP. Pero a ellos también han de añadirse los valores políticos y morales que guían el proceso de votación en sí, cuyos resultados se conocieron el 21 de mayo de 2019 de la siguiente manera:

“Nº de miembros potenciales con derecho a voto: 34.

Nº necesario para que haya quórum (60%): 21.

Nº de votos recibidos: 33 (97% de los miembros con derecho a voto).

Q1. ¿Debe tratarse el Antropoceno como una unidad cronoestratigráfica formal definida por un GSSP?

29 votaron a favor (88% de los votos emitidos); 4 votaron en contra; ninguna abstención.

Q2. ¿Debería ser la guía principal para la base del Antropoceno una de las señales estratigráficas en torno a la mitad del siglo XX de la Era Común?

29 votaron a favor (88% de los votos emitidos); 4 votaron en contra; ninguna abstención” (AWG 2019, p. 4).

En concordancia con los estatutos de la ICS, todas las votaciones deben realizarse por correo electrónico o convencional en un margen de 30 días, siendo las opciones “Sí”, “No” o “Abstención”. Como en otros grupos de trabajo de la Comisión Internacional de Estratigrafía, las decisiones se guían por valores políticos como la “democracia”, la “igualdad”, la “justicia”, la “libertad” o la “mayoría” (Cowie et al. 1986, Remane et al. 1996). El número de votos requeridos para tomar la decisión de aceptar un límite estratigráfico, por ejemplo, requiere satisfacer los valores de la “anonimidad” y la “libertad” de los votantes, la “igualdad” de sus votos y la obtención de una mayoría de votos superior al 60% (*Ibid.*). Además, los miembros han de votar como individuos, no como representantes de otras comunidades, organizaciones o países: “no puede haber delegados que representen un punto particular de vista de una ‘escuela’, sociedad o nación” (Cowie et al. 1986, p. 4). Y los estatutos señalan expresamente que “sólo es en la

---

<sup>108</sup> Recuérdese que mi referencia a valores no epistémicos responde a una distinción con fines meramente analíticos (I.4.2), lo cual no quiere decir que los valores que se explicitan a continuación no puedan ejercer cierta influencia en la constitución interna del conocimiento científico. El significado que doy a los “valores epistémicos” ha de entenderse dentro de un marco pluralista y sistémico esbozado anteriormente, los cuales siempre se co-aplican en conjunción con otros tipos de valores.



interacción entre los miembros, con libertad de cambiar de opinión, donde puede haber cualquier posibilidad de llegar a un acuerdo” (*Ibid.*). Todos ellos son condición *sine qua non* para que en este caso se decidiera optar por una preferencia científica particular, concerniente en fijar a mediados del siglo XX el inicio del Antropoceno como época geológica. Dichos valores no son epistémicos tal y como los entiendo en este trabajo, pero son nucleares en la generación de conocimiento, en tanto que son requisitos indispensables para dar por válidos los resultados. Las discusiones, por ejemplo, deben tener lugar y permitir que sigan su curso antes de que se distribuyan las papeletas físicas o electrónicas, y no después. Y una vez distribuidas, no se permite la distribución a los miembros votantes de ningún material —ya sean argumentos a favor o en contra o la propia papeleta, por ejemplo, que tengan la intención de influir en los votos. Un miembro votante que lo haga tendrá su boleta descalificada y será reprendido por el presidente de la subcomisión correspondiente.

Algo parecido puede decirse con los valores morales explícitos en dichos procesos. Tal y como afirman los estatutos de la Comisión Internacional de Estratigrafía, “se espera que todos los miembros votantes y miembros de la ICS, subcomisiones, grupos de trabajo y grupos *ad hoc* traten a los demás con respeto y mantengan su integridad profesional en el proceso de votación” (Remane et al. 1996, p. 80). En caso de que ocurran “comentarios irrespetuosos” o “poco profesionales” dirigidos a otras personas, el comité ejecutivo de la ICS —después de una investigación “justa”— puede emitir una reprimenda o rescisión de la parte culpable. Otro tanto ocurre con la violación de la integridad profesional en el proceso de votación, que conlleva la descalificación del voto del infractor y una carta de amonestación (*Ibid.*). Todas estas reglas y principios morales representan en buena medida la presencia de valores morales explícitos que subyacen a la actividad del AWG, en tanto que ha de cumplirse el estándar ético y la deontología profesional del geólogo para que un proyecto de formalización sea evaluado positivamente.

Por otra parte, el establecimiento del GSSP —o “pico de oro”— ha de cumplir criterios axiológicos de tipo jurídico, económico, social y ecológico. No basta con que un límite sea coherente, correlacionable, sincrónico o global, ni tampoco que el proceso de su elección se haya llevado a cabo democráticamente, con libertad e integridad profesional. El establecimiento del inicio del Antropoceno a mediados del siglo XX requiere que el GSSP satisfaga valores como la “accesibilidad” o la “conservación” del lugar donde se establece, tanto en su vertiente jurídica, económica y ecológica: “las secciones candidatas en regiones remotas que sólo pueden ser visitadas por expediciones organizadas costosas deben normalmente ser excluidas de la selección” (Remane et al. 1996, p. 80). Además, el acceso para investigar las secciones-tipo debe ser libre para todos los estratígrafos “independientemente de su nacionalidad” (*Ibid.*) y “sin grandes gastos” e “idealmente sin demasiada burocracia” (Cowie et al., p. 8). Cuando se realiza una propuesta formal a la ICS, la subcomisión encargada debe tratar de garantizar que las respectivas autoridades permiten el acceso libre para la investigación y protección permanente del lugar, evitando así lugares demasiado transitados o propensos a favorecer otros factores — como el saqueo o vandalismo— que pudieran destruir el asentamiento. La conservación y un mínimo de restricciones son criterios axiológicos necesarios, sobre todo en regiones desarrolladas. También han de estimarse los disvalores jurídicos en algunos países donde la realización de grandes agujeros en la Tierra supone un impedimento debido a las crecientes montañas de residuos y su costoso problema de eliminación para las autoridades. Y en cuanto a los valores ecológicos, un problema para la conservación y accesibilidad al asentamiento puede ser la inclemencia meteorológica, que en algunos casos puede estar causada por fuertes lluvias que forman rápidos flujos de lodo en, por ejemplo, una sección situada en área pantanosa. Las heladas pueden asimismo formar grietas que pueden afectar una sección-tipo, y los situados en costas marítimas pueden ser objeto de una erosión muy rápida. Todos estos factores deben tenerse

en cuenta a la hora de elegir un GSSP, y por tanto actúan como disvalores a evitar en favor de lugares que satisfagan valores como la “seguridad”, la “conservación” o la “accesibilidad”.

### **III.4. Rasgos distintivos: transmutación e incorporación de nuevos valores**

Independientemente de que el trabajo del AWG culmine en la aceptación de su propuesta de formalización por parte de los organismos institucionales pertinentes, la cuestión del Antropoceno ya ha suscitado no pocos debates entre geólogos (Autin & Holbrook 2012, Finney & Edwards 2016). A pesar de que muchos académicos hayan adoptado el término y que desde la comunidad del Cambio Global ya se asuma estar viviendo en la nueva época (Robin & Steffen 2007), por el momento parece que “la opinión actual de la comunidad de las ciencias de la Tierra es que debe seguir siendo informal” (Gibbard & Walker 2014, p. 29). Este posicionamiento oficial podría cambiar, eso sí, una vez se presente la propuesta final por parte del AWG. En cualquier caso, las discusiones y deliberaciones llevadas a cabo pueden, a mi modo de ver, comprenderse solventemente en clave axiológica.

Para ello, hay que tener en cuenta que la recogida de evidencias y la elección de un GSSP para delimitar el Antropoceno son cuestiones que requieren juicios sobre cuándo, por ejemplo, las diferencias cuantitativas se convierten en diferencias cualitativas (Castree 2017). Aquí es donde pueden entrar en juego valores periféricos que asuman un rol indirecto en el proceso de formalización del Antropoceno. Algunos autores como Carlos Santana (2019) van más lejos y afirman que la aceptación de la posible época podría conllevar una serie de valores cuya asimilación supondría un cambio sin precedentes en la metodología de la geología histórica. Por mi parte, mostraré que el proceso de investigación del AWG no asume un cambio disruptivo en su núcleo axiológico, pero sí revela el valor de la “futurabilidad” en la estimación de marcadores estratigráficos, así como un interés por el futuro estratigráfico de la Tierra. A él debe añadirse la “interdisciplinaridad” como valor, y no sólo entre geocientíficos, sino también entre científicos sociales y académicos de humanidades (Lundershausen 2018). Por último, la “utilidad” es también una novedad, pero no en su sentido epistémico habitual, sino como un transvalor: la formalización del Antropoceno también se estima útil en términos jurídicos y sociales, por ejemplo en derecho internacional y salud pública (Vidas et al. 2019). Estas tres novedades axiológicas se vinculan con el paradigma de la ESS y el entendimiento de la Tierra como un sistema en riesgo de desestabilización y, aunque no parezcan tener un rol directo en el trabajo del AWG, sugieren una vinculación implícita con la cultura científica de la ESS.

#### **III.4.1. La “interdisciplinaridad” como valor**

Lejos de pretender normativizar los valores que deben o no deben estar presentes en la decisión final por parte de los organismos geológicos pertinentes, creo que es importante poner de relieve algunos rasgos interdisciplinarios que distinguen el proceso de formalización del Antropoceno de otras propuestas llevadas a cabo en geología. Por supuesto, las discusiones y colaboración entre disciplinas en geología no son una novedad. También suscitó mucho debate la evolución de los seres vivos a través del registro fósil, la deriva de los continentes, los ciclos climáticos de Milankovitch o el inicio del período Cuaternario que fue definitivamente establecido en 2019 (Cearreta 2015). Por tanto, esto no es una novedad y tampoco presenta diferencias con cualquier



otro colectivo científico. No obstante, este caso presenta algunos rasgos que muestran un panorama axiológico especialmente conflictivo y que trasciende las fronteras disciplinarias de las ciencias naturales. No en vano se trata de la propuesta geológica más mediática y debatida de la historia de la estratigrafía, la cual se ha convertido en objeto de discusión en diferentes colectivos de ciencias sociales y humanidades (Malhi 2017, Zalasiewicz et al. 2019, Steffen et al. 2020). El propio Cearreta, miembro del AWG, ha puesto de relieve algunas de estas particularidades:

“El problema de su definición y formalización es más complejo del que han presentado hasta ahora otros intervalos de tiempo geológico ya establecidos debido al mayor nivel de estudio interdisciplinar necesario, la naturaleza variable de las evidencias, y al hecho de que el Antropoceno se encuentre en sus primeros estadios de desarrollo” (Cearreta 2015, p. 264).

Desde una perspectiva axiológica, el carácter interdisciplinar queda representado por una mezcla de diferentes valores dentro de la matriz colectiva del AWG, en tanto que emerge de una coalición entre agentes dispares cuya acción se guía por distintos sistemas de valores (Echeverría 2003). En este caso, el AWG está conformado mayoritariamente por geocientíficos que cubren las distintas especialidades necesarias para recabar y evaluar distintos tipos de evidencias. Pero también está constituido por los propios proponentes iniciales del concepto, así como otros integrantes de la comunidad del Cambio Global, como John McNeill y Will Steffen (AWG 2009). De hecho, en la votación mostrada en el anterior apartado, se muestra que los 35 miembros del AWG de ese momento tuvieron derecho a voto, incluidos científicos sociales, de la ESS y el jurista Davor Vidas mencionado anteriormente (III.2.2). De modo que el primer rasgo distintivo del Antropoceno al que alude Cearreta conlleva una relevancia axiológica importante a atender.

En una encuesta a los miembros del AWG elaborada por Johannes Lundershausen<sup>109</sup>, los participantes aportaron varias razones por las cuales la incorporación de miembros no especialistas en estratigrafía en el grupo se considera valiosa, pero también mostraron ser conscientes de que ello podía distraer el propio trabajo estratigráfico. Por un lado, los participantes afirmaron que se invitó a los científicos naturales de otras disciplinas distintas a la estratigrafía —refiriéndose especialmente a la ESS— para que aportaran información adicional que pudiera paliar un posible sesgo de la geología y constituir un conocimiento estratigráfico más “confiable” (p. 35). Los datos de la ESS, según los participantes, son necesarios sobre todo “para desarrollar una narrativa geocronológica del Antropoceno” (*Ibid.*). Los participantes en este estudio y las publicaciones recientes de los miembros del AWG (Steffen et al. 2016) destacan que la ESS es el centro de la colaboración interdisciplinaria porque complementan el enfoque científico de la estratigrafía. Y en este sentido, cabe señalar que sus datos han apoyado la decisión del AWG de instaurar un límite del Antropoceno de mediados del siglo XX (Head et al. 2021).

---

<sup>109</sup> En dicho estudio, Johannes Lundershausen (2018) se preguntó hasta qué punto el AWG es interdisciplinario y si ello conlleva una novedad con respecto a otros grupos de trabajo formados en estratigrafía. Para ello elaboró una encuesta junto con Jacob Barber y George Holmes para aumentar las posibilidades de contactar con los miembros del AWG y aumentar la calidad y variedad de las preguntas planteadas. Fue Colin Waters, secretario en aquel entonces del AWG —y actual presidente— quien facilitó el contacto al resto de miembros. Participaron 18 de ellos, tanto en la encuesta como en entrevistas, de los cuales 12 eran estratígrafos, 3 científicos naturales de otras disciplinas, y 3 científicos sociales (véase pp. 34-35).

Por otro lado, los participantes consideraron valiosa la inclusión de científicos sociales, en tanto que ésta ha mejorado la “comunicabilidad” entre el AWG y el público no académico. Un ejemplo es el periodista Andrew Revkin, que ha redactado estratégicamente los comunicados de prensa del AWG para que la información se comunique con “eficacia” (AWG 2010). Otro tanto ocurre con los científicos sociales que han ayudado a concienciar al grupo sobre el discurso más amplio del Antropoceno y sobre las implicaciones sociales y jurídicas de su trabajo estratigráfico, refiriéndose explícitamente al jurista Davor Vidas. Mientras la inclusión de científicos naturales está guiada por valores epistémicos —en tanto que se busca resolver problemas metodológicos en respuesta a un nuevo objeto que no puede ser abordado por la estratigrafía por sí sola— los participantes sostuvieron que el AWG puede beneficiarse de una membresía que incluyera a científicos sociales debido a su habilidad para traducir los conocimientos de la investigación a otras partes interesadas. En este caso, según Lundershausen (2018), el AWG sigue una “lógica de la responsabilidad”, en la que se entiende que la participación de los científicos sociales satisface mejor el valor de la “comunicabilidad” de los conocimientos científicos y, por tanto, el aumento de la “responsabilidad” de la estratigrafía ante la sociedad.

A pesar de que estas contribuciones provenientes de otras disciplinas se consideran valiosas en los debates internos del AWG, los participantes de la encuesta diseñada por Lundershausen también señalaron que la interdisciplinariedad puede obstaculizar la preparación de una propuesta formal a la ICS, que se limita a los conocimientos estratigráficos y requiere de la identificación de un GSSP en base a los valores nucleares mencionados en el anterior apartado. De hecho, un encuestado afirmó tajantemente que “la contribución de los no expertos en estratigrafía ha dado lugar a distracciones del objetivo del grupo de trabajo, ya que no han comprendido los factores que exige el código estratigráfico internacional” (p. 36). De ahí que una relación constructiva con la comunidad de estratígrafos más amplia también surja como un valor social importante dentro del AWG, ya que esto “aumentaría las posibilidades de formalización” (p. 41)<sup>110</sup>. Para evitar un fracaso y permitir una relación constructiva, subrayan los participantes, el AWG ha empezado a incorporar las opiniones de la comunidad estratigráfica más amplia<sup>111</sup>. En cualquier caso, hay que destacar que estas preocupaciones de los participantes son paralelas a las declaraciones abstractas favorables al valor de la interdisciplinariedad, que hace del AWG “un lugar maravilloso para volar y debatir nuevas ideas” (AWG 2015, p. 4). Para varios de sus participantes, el AWG supone un ejemplo de “intercambio interdisciplinar constructivo”, a través del cual los participantes aprenden de otras perspectivas que tratan de estudiar el mismo fenómeno. Con independencia del valor de incluir perspectivas ajenas a la estratigrafía en una propuesta formal a la ICS, para estos miembros, el AWG ofrece “un espacio seguro para que la gente discuta amistosamente, incluso

---

<sup>110</sup> En general, los participantes reconocen a la ICS como la “policía” de la estratigrafía (Lundershausen 2018), que garantiza que los términos estratigráficos se definan claramente y se utilicen de forma adecuada. Como resultado de este papel regulador, ignorar las posiciones del ICS destinaría al Antropoceno a acabar como “muchos ejemplos del pasado en estratigrafía en los que se forman equipos opuestos y se mete el hierro en el alma, la gente monta las ametralladoras en las trincheras y ya está” (p. 43).

<sup>111</sup> A mi modo de ver, esto puede reflejarse en la preferencia expresada por la comunidad estratigráfica por un GSSP, que ha llevado al AWG a desechar GSSA, que fue la idea inicial (AWG 2010). Del mismo modo, el AWG ha decidido optar por un rango jerárquico para la nueva unidad que se adapta a las preferencias de otros investigadores de la comunidad estratigráfica. En concreto, limitaron el Antropoceno al nivel de época, lo que permite al grupo de trabajo del Holoceno (WGSMS 2021) seguir trabajando con relativa independencia de las conclusiones a las que se llegue en el seno del AWG. Además, el AWG ha buscado una colaboración más estrecha con el ICS, en concreto con la reciente incorporación al AWG de Martin Head, presidente de la SQS, que ha facilitado la comunicación directa para demostrar que su enfoque satisface los valores epistémicos establecidos (AWG 2020).

con diferencias de opinión muy fuertes, y también para no tener miedo a la hora de cambiar de posición y decir que no saben o no entienden algo” (Lundershausen 2018, p. 45).

A pesar de las discrepancias acerca de las razones y los modos en que los científicos sociales y otros científicos naturales convergen en el AWG, parece que “la interdisciplinariedad en sí misma emerge como un objetivo del grupo” (*Ibid.*). No sólo en términos de posibles beneficios epistémicos ocasionados por el cruce de fronteras, obteniendo así mayor número de contribuciones para elaborar una propuesta formal a la ICS, sino que también porque incita el debate que rodea al Antropoceno y sus consecuencias sociales más extensas. Según Lundershausen, la valoración de la “interdisciplinariedad” entre los miembros también puede vincularse a la “practicidad” o “utilidad”, en tanto que aprecian la colaboración social entre expertos de diversos ámbitos como un fin en sí mismo. Esto no implica, en cualquier caso, un tipo de interdisciplinariedad que asuma una igualdad entre las diferentes disciplinas involucradas, lo cual requeriría no sólo del aprecio y la confianza en los colaboradores formados en otras disciplinas. Esta igualdad significaría rechazar la idea de una disciplina dominante —la estratigrafía— que determina el núcleo axiológico que guía la investigación. En cambio, en el caso del AWG “persiste una división disciplinaria del trabajo”, aunque ello no obsta para que “la colaboración interdisciplinaria se idealice como un valor en sí mismo, que tiene más peso que cualquier proyecto” (p. 47). A mi modo de ver, es razonable comprender la presencia de este valor en la matriz colectiva del AWG si éste emerge dentro de un contexto histórico donde predomina el discurso por la investigación interdisciplinaria, particularmente en la ESS (Costanza et al. 2012). En línea con este discurso, numerosos académicos ven el Antropoceno como un “puente” entre disciplinas (Castree 2017) y, de hecho, las tres revistas surgidas con el Antropoceno en su título abogan y reclaman un enfoque interdisciplinario (Malhi 2017).

#### III.4.2. La “futurabilidad” como valor

El hecho de que seamos contemporáneos a los cambios referidos por el Antropoceno, por otra parte, es inédito en la historia de los proyectos de formalización en estratigrafía (Cearreta 2015) —si bien es cierto que otras hipótesis anteriores, como la de Stoppani (1873), también experimentaron la misma casuística. El resto de las unidades geológicas propuestas normalmente han sido relativas a tiempos pasados, no al tiempo vivido en la actualidad. Según algunos autores, este hecho inusual llevaría a considerar la pregunta por la época del Antropoceno desde “el punto de vista de un geólogo que ve secuencias de miles o millones de años en el futuro” (Wolff 2014, p. 255), tal y como Zalasiewicz planteaba en su libro de 2008 (III.2.2). Como argumenta Carlos Santana (2019), esto implicaría que la justificación de un marcador GSSP se tenga que basar más en una predicción a futuro que en una evidencia empírica del pasado de la Tierra. Atenderé su argumentación, a pesar de que fue publicada antes de la decisión del AWG en mayo de 2019, puesto que tendría relevancias axiológicas notables<sup>112</sup>.

Según Santana, el Antropoceno no debería formalizarse. Cuando alude a los problemas suscitados por la perspectiva del “futuro geólogo” no quiere decir que los argumentos del AWG estén basados en la especulación. Quiere decir que el estudio de los estratos y la actividad humana

---

<sup>112</sup> La alusión al artículo “Waiting for the Anthropece” de Santana (2019) es pertinente por ser una de las críticas al AWG más relevantes que se han realizado recientemente desde la filosofía de la ciencia. De hecho, la publicación a la que hago referencia fue galardonada en año 2019 con el Premio Popper de la *British Journal for the Philosophy of Science*.

actual supondrían, bajo esa perspectiva, una base confiable para predecir cómo serán los estratos en un futuro cercano. Incluso supondría un cambio importante en el núcleo axiológico de la práctica geológica, dado que valores epistémicos básicos como la “adecuación empírica” quedarían sustituidos por otros como la “confiabilidad predictiva”. En esta línea, varios autores han señalado que el tipo de predicción necesaria para evaluar la perspectiva del futuro geólogo puede estar parcialmente fuera de la experiencia genuinamente geológica. Chakrabarty (2009) ha abogado, de hecho, por la disolución de la separación existente entre el estudio de la historia humana y las ciencias de la Tierra. Otro tanto ocurre con Ellis et al. (2016), por ejemplo, quienes han argumentado que para predecir correctamente el futuro de la Tierra se debe contar con el conocimiento de los científicos sociales, en tanto que el estado de la Tierra en un futuro lejano depende del comportamiento humano actual. En este sentido, Santana afirma que “la comprensión de la perspectiva del geólogo del futuro sobre un posible Antropoceno requiere ciertamente herramientas que no se encuentran tradicionalmente en la caja de herramientas del geólogo”, convirtiendo una ciencia histórica en una “ciencia de la predicción” (2019, p. 1704). Por eso, expone tres razones por las cuales el Antropoceno debería no terminar por formalizarse:

- (i) Muchos de nuestros impactos geológicos actuales pueden ser mitigados por el comportamiento humano futuro. Independientemente de la opinión que se pueda tener sobre la probabilidad de que el ser humano cambie su relación con el medio ambiente, existe la posibilidad de que las tendencias actuales se reviertan y que el impacto humano sobre la Tierra sea mitigado. Para el geólogo del futuro, por tanto, los eventos actuales podrían ser considerados como breves anomalías relativamente insignificantes.
- (ii) Algunas actividades antropogénicas se conciben mejor como continuaciones de procesos que se originaron en el Holoceno, por lo que el futuro geólogo no las vería como fenómenos pertenecientes a una época posterior al Holoceno. Según Santana, los científicos sociales han observado que muchos de los supuestos marcadores del Antropoceno son, de hecho, anteriores a la Revolución Industrial. Por lo tanto, esos marcadores se remontarían al Holoceno, no a un “Antropoceno”.
- (iii) El geólogo del futuro observaría los ejemplos del impacto humano como catástrofes a nivel local, en lugar de eventos geológicos de dimensión global y de impacto a largo plazo. Como señala Santana, las épocas se definen típicamente por un cambio global a largo plazo, y varios de los eventos que se están estudiando no lo son.

A continuación, este autor expone las diferentes fuentes de información que ha ido estudiando el AWG a la hora de estimar posibles evidencias, señalando que cada una de ellas se topa con al menos uno de los tres problemas —(i), (ii) y (iii)— mencionados. Concretamente, Santana alude al cambio climático, los registros fósiles tanto humanos como no humanos, los depósitos antropogénicos, la hidrología y los marcadores químicos. En el caso del impacto del ser humano en el calentamiento global, por ejemplo, se toparía con los problemas (i) y (ii). Y en el caso de fósiles humanos, por poner otro ejemplo, se toparía con el problema (iii).

Como he señalado en el anterior apartado (III.3.1), la fuente de evidencias que finalmente ha sido escogido por el AWG es el relativo a los marcadores químicos, concretamente los radionucleidos

ocasionados por las bombas nucleares entre 1945 y 1952. En este caso específico, Santana concede que fuera un excelente candidato a marcador, puesto que los isótopos  $^{239}\text{Pu}$  y  $^{240}\text{Pu}$  tienen vidas medias lo suficientemente largas como para ser visibles para el futuro geólogo. Sin embargo, afirma que la deposición de trazas de plutonio no justifica en sí misma la designación de una nueva época tan poco tiempo después del comienzo de la última. Por eso incide en que “el plutonio es, en el mejor de los casos, un marcador conveniente que el geólogo del futuro podría correlacionar con eventos más significativos, como la extinción masiva o el cambio climático” (Santana 2019, p. 1085). En consecuencia, el apoyo que proporciona este marcador para ratificar el Antropoceno dependería de otras actividades humanas que caen en alguno de los tres problemas anteriormente mencionados.

En cualquier caso, la elección por parte del AWG de estos marcadores químicos muestra que se ha evitado un cambio disruptivo en el núcleo axiológico de la práctica estratigráfica. No se produce una transferencia de valores epistémicos desde la ESS: la elección de los radionucleidos satisface las cotas mínimas de valores comúnmente aceptados en la disciplina, como la “sincronicidad”, la “globalidad”, la “adecuación empírica”, la “correlacionabilidad”, la “claridad” y “espesura” de las secciones, etc. No implica, por ejemplo, asumir nuevos valores nucleares — como la “confiabilidad predictiva” o la “probabilidad” de suceso— de un escenario futuro, como quizás hubiera ocurrido en el caso de elegir otros marcadores — como el cambio climático o los depósitos antropogénicos. Por tanto, el reconocimiento oficial de la época del Antropoceno no implicaría necesariamente hacer predicciones sobre el desarrollo futuro de las causas que han dado lugar a su definición, del mismo modo que la última aprobación y definición de la época del Holoceno (Walker et al. 2009) como tiempo geológico formal en la que aún vivimos no implicó especular sobre el desarrollo futuro de la humanidad y su legado en el registro geológico.

Sin embargo, sí que hay una cuestión axiológica especialmente pertinente en el caso del Antropoceno, dado que normalmente la geología sólo ha mirado al pasado a través del presente, pero no al futuro<sup>113</sup>. Es en las últimas décadas cuando la geología se ha ocupado más profusamente de analizar exhaustivamente los procesos geológicos actuales que operan en la superficie terrestre y que darían lugar a los sedimentos que, en principio, se transformarían en rocas sedimentarias (Zalasiewicz 2008). La geología del futuro a la que alude Santana ha cobrado importancia cuando se ha empezado a hablar del Antropoceno y tanto partidarios como detractores han comenzado a imaginar la geología que vendrá en relación con el legado de los humanos en las rocas. En este sentido, podría afirmarse que el interés por el futuro de la Tierra estuvo en el origen del AWG, en tanto que ha predispuerto la actividad de los geólogos con un actualismo opuesto al tradicional. La recopilación y elección de evidencias en el presente no se ha realizado para comprender y clasificar el pasado, sino que se han escogido los marcadores en base a su “futurabilidad”, es decir, en su potencial de existencia futura (Zalasiewicz et al. 2019). Y este es un valor infrecuente en la historia de formalizaciones estratigráficas, como poco, aunque no se modifique el núcleo axiológico que rige su investigación. De hecho, las publicaciones de los miembros del AWG ya han sugerido innovaciones concretas en la práctica estratigráfica. Entre ellas se incluyen esquemas

---

<sup>113</sup> De hecho, la geología ha estado marcada desde sus orígenes como disciplina por el principio del *actualismo*: condensado por Charles Lyell en una sola frase: *la clave del pasado está en el presente*, que fue enunciado en su libro *Principios de Geología* (1830). Básicamente, se basa en la creencia de que los eventos ocurridos a lo largo de la historia geológica de la Tierra pueden explicarse a partir de procesos geológicos que tienen lugar en la actualidad. Esta idea fue preludiada por James Hutton en su *Theory of the Earth* de 1788, que sentó las bases de la geología (Craig 1984) con el principio del *uniformismo*, que dice así: “las mismas leyes y procesos naturales que operan en las observaciones científicas actuales siempre han operado en el universo en el pasado y se aplican en todas partes del universo” (p. 86).



de clasificación interdisciplinarios para el estudio de depósitos antropogénicos y artefactos humanos (Zalasiewicz et al. 2014) o la práctica bioestratigráfica que incluye los “tecnofósiles” como un tipo distinto de fósil traza antropogénico (Haff 2014). Estas sugerencias podrían constituir la base epistémica de una especialización interna o incluso de una nueva “tecnostratigrafía” orientada al futuro (Lundershausen 2018). La cuestión es: ¿Por qué? ¿Por qué el futuro supone ser de interés para una investigación geológica? De nuevo, la respuesta a esta pregunta no puede interpretarse a través del análisis empírico de sus documentos, sino que ha de indagarse en el contexto histórico en el cual éstos emergen y que se relaciona, en buena medida, con el sistema de valores de la ESS (Capítulo IV).

### III.4.3. La “utilidad” como transvalor

El mandato del AWG consiste en dos tareas. Una de ellas es similar a la de cualquier otra propuesta de unidad formal en geología: identificar y evaluar la evidencia geológica para dilucidar si el Antropoceno es justificable en términos geológicos, satisfaciendo los correspondientes valores de “claridad”, “coherencia”, “sincronicidad”, etc. El otro objetivo es específico de este caso: explicar la “utilidad” de la formalización del Antropoceno tanto para la comunidad de geólogos como para el resto de las comunidades académicas, que en este caso no se reducen solamente a las ciencias naturales. Basta atender a los objetivos que constituyen la agenda del AWG desde el principio:

“El mandato del *Anthropocene Working Group* (AWG) consiste en dos tareas. Su primera tarea es comparable al proceso relativo a cualquier otra unidad temporal geológica propuesta: identificar y evaluar las pruebas geológicas para determinar si el Antropoceno está científicamente justificado en términos estratigráficos, al contar con una ‘marca geológica’ suficientemente amplia, clara, distintiva y persistente ya preservada en los estratos. La segunda tarea del AWG es específica de esta unidad temporal geológica propuesta: explicar la utilidad de la formalización del Antropoceno tanto para las comunidades geológicas como para las científicas más amplias, que en este caso incluyen a las que van más allá de las ciencias físicas” (Vidas et al. 2019, pp. 31-32).

Como se puede observar, primeramente señalan que la proposición formal de la evidencia presentada “tendrá que ser concluyente, y el estudio del AWG a este respecto debe ser necesariamente exhaustivo” (Vidas et al. 2019, p. 32). Ello conlleva, como se ha mostrado en el anterior apartado, la satisfacción de varios valores nucleares presentes en la tradición disciplinaria. Sin embargo, después añaden un segundo objetivo: explicar la “utilidad” del Antropoceno dentro y fuera de las ciencias físicas, pero no sólo en un sentido epistémico. La propuesta del AWG también ha de ser útil en otras dimensiones, en tanto que el Antropoceno trasciende los límites de la geología “ofreciendo un potencial de impactos más amplios y transdisciplinarios que se extienden a otras ciencias naturales, así como a las ciencias sociales y las humanidades” (*Ibid.*). Esto, a su vez, conduce a un “importante compromiso para explicar las dimensiones transformadoras del Antropoceno, una vez formalizadas, para la ciencia en su conjunto” (*Ibid.*). De modo que los resultados del AWG, además de contener evidencias precisas, coherentes, contrastables, etc., también pretenden ser útiles y tener impacto en otros colectivos:



“los argumentos del AWG tendrán que ser convincentes, aunque sigan siendo sólo de carácter introductorio” (*Ibid.*). Y este rasgo es único en la historia de las formalizaciones de tiempos geológicos, como los propios autores afirman: “[Lo que es] único aquí es la diversidad y la medida en que un Antropoceno formal puede informar a diferentes ramas de la ciencia y a sus comunidades científicas” (*Ibid.*).

Para entender este fenómeno, y siguiendo con la concepción pluralista y sistémica esbozada en el primer capítulo, por mi parte afirmaré que en este caso la “utilidad” puede considerarse un *transvalor*, es decir, un valor desglosable en varios otros que comparten un significado común pero se ven aplicados en diferentes sentidos, en diferentes subsistemas. Por una parte, el carácter utilitarista de la formalización puede entenderse como valor epistémico, tanto para la geología — y las ciencias de la Tierra en general— como para otras ramas de las ciencias naturales, pero también como un valor jurídico, político o ecológico, en tanto que el Antropoceno formal puede ser útil para legitimar y desarrollar diversas propuestas que van más allá de los modos en los que ha de constituir internamente el conocimiento (*Baskin 2015*). De hecho, la utilidad política está presente en el propio proceso de formalización, tanto si se acepta finalmente o no:

“[...] es importante ser consciente de que cualquier decisión en el proceso de formalización —ya sea positiva o negativa para formalizar el Antropoceno como intervalo de tiempo geológico— tendrá ciertas implicaciones políticas. La decisión en cualquiera de los dos sentidos ya sea ‘preservar el Holoceno’ o ‘introducir el Antropoceno’, es de esperar que tenga una resonancia política. Una decisión explícita que niegue la formalización del Antropoceno y que resulte en la continuación formal del Holoceno sería una declaración tan políticamente relevante como lo sería la inclusión del Antropoceno como un nuevo intervalo de tiempo en la Escala de Tiempo Geológico” (*Vidas et al. 2019, p. 40*)

La consideración a subrayar aquí se refiere a la responsabilidad de los estratígrafos —en concreto— y de los científicos —en general— cuando se enfrentan a posibles pruebas de un cambio geológico relevante, el modo en que se entiende ese cambio y, si procede, cómo se formaliza. Como se indica en **V.3**, un estudio axiológico de los valores presentes en las decisiones quedaría incompleto si se reduce únicamente a los valores nucleares, sin tener en cuenta posibles valores periféricos que puedan ejercer un rol indirecto en el proceso de formalización. Como en los casos de aceptación de un fármaco estudiados por Rudner (*1954*), la utilidad extra-epistémica puede tener un peso no poco importante, en tanto que los científicos también evalúan el riesgo de sus decisiones en función de las consecuencias sociales más amplias (**I.3.2**). Es importante atender a la utilidad epistémica para otras disciplinas científicas, por tanto, pero también el resto de las manifestaciones que emanan de la utilidad, entendida ésta como un transvalor.

En primer lugar, los miembros del AWG (*Vidas et al. 2019*) entienden que la formalización del Antropoceno puede ser útil para la geología, pero sobre todo para las ciencias relacionadas con el estudio del cambio global reciente y en curso, como la ESS, donde se originó el término Antropoceno (*Crutzen & Stoermer 2000, Crutzen 2002*). Para la comunidad de ESS, la relevancia del Antropoceno es evidente, ya que el término engloba muchos de los fenómenos que preocupan a este colectivo —cambios climáticos, oceánicos, bióticos, etc.— y proporciona un concepto integrador en el estudio del Sistema Tierra (**IV.3**). El significado del Antropoceno ligado a un cambio paradigmático parece ser, de hecho, la razón por la que este término se ha difundido tan

rápido en el seno de la comunidad del Cambio Global (Steffen et al. 2016). Los aspectos cronoestratigráficos en este colectivo tienen menos valor, ya que la mayoría de los datos utilizados en estos estudios provienen de observaciones directas de varios tipos, más que del análisis de los estratos, aunque el análisis geológico del Antropoceno parece poner de manifiesto datos que también pueden ser útiles para los estudios de la ESS, como el uso de cenizas volantes dentro de los depósitos recientes como indicador de partículas en el aire (Zalasiewicz et al. 2017). Resulta lógico pensar que se siga utilizando el término en este colectivo, si bien la formalización podría comportar ciertas ventajas, como consolidar el término en un sentido congruente con su interpretación en la ESS (Vidas et al. 2019). Desde luego, es fundamental comprender la dinámica del Sistema Tierra a largo plazo a la hora de apreciar los efectos de la actividad humana durante el Antropoceno. De ahí que, para inferir cambios del pasado, la ESS haya solido apoyarse en las interpretaciones de la ICC por parte de la comunidad de geólogos (Steffen et al. 2016). Esta relación sinérgica es un valor crucial para ESS, y tendría continuidad en el futuro con la formalización del Antropoceno por parte de la comunidad estratigráfica (Vidas et al. 2019).

En segundo lugar, la legitimación oficial del Antropoceno tiene también implicaciones para otras comunidades académicas, como las ciencias de la vida, las ciencias sociales, las humanidades y las artes. Sin embargo, en estos casos la idea del Antropoceno que subyace está influida por la concepción de la ESS, es decir, que el entorno medioambiental global está en riesgo de que se desestabilice, y por tanto es necesario el abordaje de los efectos resultantes de esta constatación en la legislación, los seguros, la capacidad de recuperación urbana, la capacidad de garantizar un suministro adecuado de alimentos y agua, etc. Entre las numerosas consecuencias sociales están sus posibles implicaciones para las relaciones interestatales reguladas por el derecho internacional, mientras que también se ha reconocido su importancia para la ciencia de la salud pública. Estos son sólo dos ejemplos que expondré a continuación, pero que sirven para ilustrar cómo la formalización en la geología refleja el lenguaje y concepciones del Antropoceno como un cambio en la estabilidad y funcionamiento del Sistema Tierra:

(i) Repercusiones en la disciplina de Derecho Internacional

Nada más constituirse el AWG en el año 2009, puede hallarse la primera referencia a la vinculación del Antropoceno formal con el derecho internacional, y más concretamente con el derecho internacional marítimo (III.2.2). En el último compendio de evidencias publicado por el AWG, Vidas et al. (2019) actualizan y profundizan en algunas cuestiones prácticas al respecto. La “estabilidad” es un valor fundamental en el derecho internacional actual, el cual puede aplicarse de dos formas distintas: una de ellas se relaciona con el objetivo de aportar una garantía jurídica estable en el ámbito de las relaciones internacionales, que suele ser sensible a los constantes cambios políticos. La otra forma de estabilidad a la que aluden es implícita: se basa en la experiencia humana de las condiciones ambientales —incluidas las geográficas— generalmente estables del Holoceno tardío. Según los miembros del AWG, encabezados por Vidas en este aspecto, los cambios en ese elemento subyacente de estabilidad —en tanto un “cambio de estado en el Sistema Tierra” (p. 35)— provocarían un giro fundamental del contexto en el que opera el derecho internacional. Se trata de una alteración en la que los retos se reconocen cada vez más como las consecuencias de un “cambio natural”, y no sólo político: “a lo largo de la historia reciente de la humanidad, se ha dado por sentado un estado estable inherente al Sistema Tierra” (*Ibid.*). Esta es la premisa sobre la que se han creado las estructuras jurídicas y políticas en los últimos siglos, siempre según los miembros del AWG. En la relación entre el derecho

internacional y las características geográficas observadas de la Tierra —y, de hecho, en lo que respecta a la dimensión geológica general de nuestro planeta— los autores inciden en que ha habido una suposición implícita de que las condiciones actuales forman una realidad objetiva e inmutable que nos ha rodeado desde tiempos inmemoriales. Sostienen que, en muchos sentidos, la actual concepción del derecho internacional corresponde a una normativa apoyada en unos supuestos que se dan por eternos, derivados de las circunstancias del Holoceno tardío<sup>114</sup>. La desaparición de ese elemento subyacente de estabilidad —que es lo que representa la transición del Holoceno al Antropoceno desde la perspectiva ESS (Steffen et al. 2007)— encierra para los autores el potencial de un nuevo tipo de tensión sin precedentes en las relaciones entre estados políticos. Esto podría provocar un desbordamiento y agudizar así las tensiones actuales en torno a la integridad territorial de los países y sus reivindicaciones geográficas, ya de por sí bastante arduas de solventar a causa de las profundas discrepancias geopolíticas entre los estados y la igualdad soberana de los países como principio básico del derecho internacional. Con la emergencia paulatina de las “cambiantes condiciones en el Sistema Tierra” y la “posible formalización de una nueva época geológica” como contestación científica a este cambio, “el derecho internacional se convertirá en un tema de especial atención” (Vidas et al. 2019, p. 38).

(ii) Repercusiones en ciencias de la salud pública

Por otra parte, el editor de la revista médica *The Lancet*, Richard Horton, propuso en 2013 el concepto de “salud planetaria” y vinculó la idea al Antropoceno y los “límites planetarios”, que es otra noción emergida dentro de la ESS (Steffen et al. 2015b, V.4.1). Horton señaló que “la forma en que organizamos las acciones de la sociedad frente a las amenazas es más importante que las propias amenazas” (Horton 2013, p. 382), que condujo a la creación de una *Comisión de Salud Planetaria* y a definir la salud planetaria en su informe final, “Salvaguardar la salud humana en la época del Antropoceno” (Whitmee et al. 2015) de la siguiente manera:

“El logro del nivel más alto posible en salud, bienestar y equidad en todo el mundo se da mediante una cuidadosa atención a los sistemas humanos —políticos, económicos y sociales— que conforman el futuro de la humanidad y los sistemas naturales de la Tierra que definen los límites ambientales seguros dentro de los cuales la humanidad puede prosperar. En pocas palabras: la salud planetaria es la salud de la civilización humana y el estado de los sistemas naturales de los que depende” (p. 1973).

Como subrayan también Vidas et al. (2019), este informe de *The Lancet* señalaba las pruebas que indican “un cambio fundamental y continuo en el Sistema Tierra” (p. 39), incluyendo grandes perturbaciones en los ciclos del carbono del carbono, el fósforo y el nitrógeno y cambios en el de la tierra, la erosión, el clima y la biosfera. Para ellos, esto es una prueba de que “la humanidad se ha convertido en un factor determinante primario de las condiciones biofísicas de la Tierra, dando

---

<sup>114</sup> Sin embargo, ahora se reconoce ampliamente que estas condiciones subyacentes están cambiando. Por ejemplo, el inicio de un cambio significativo en la relación entre el mar, el hielo y la tierra ya está incorporado debido a la interacción entre el océano y la atmósfera y al retraso en el tiempo de respuesta térmica de los océanos (Vidas et al. 2019).

lugar a un nuevo término para la época geológica actual, el Antropoceno” (*Ibid.*). Al igual que en los debates sobre la importancia del Antropoceno para el derecho internacional, los miembros del AWG ponen de relieve el mensaje clave del informe de la revista cuando afirman que esta nueva época propuesta ha traído consigo condiciones caracterizadas generalmente por la “imprevisibilidad y la incertidumbre”, por lo que los sistemas de gobernanza y organización del conocimiento científico en salud pública son actualmente inadecuados<sup>115</sup>.

Parece que el vínculo entre la salud y el Antropoceno se estableció más o menos al mismo tiempo en un documento preparado para la *Asociación Canadiense de Salud Pública* (Hancock et al. 2015). Por su parte, Landrigan et al. (2017) han señalado que el Antropoceno formalizado puede ser útil como contexto en su estudio de la mortalidad relacionada con la contaminación global, un fenómeno en el que varios de los contaminantes implicados pueden ser monitoreados y evaluados a través de los marcadores estratigráficos que estima el AWG —como el carbono negro, metales pesados o contaminantes orgánicos persistentes, por ejemplo—, así como a través de la medición ambiental directa. Para Vidas et al. (2019), “está claro que los científicos y profesionales de la salud pública ven la utilidad del Antropoceno y están empezando a utilizarlo en su trabajo para salvaguardar y mejorar la salud de la población” (p. 39). También en este sentido, indican que “la mejor solución es planificar la prevención y fomentar de desarrollo que evite la aparición de problemas de salud” (*Ibid.*). De nuevo, se alude a la formalización de un concepto que surge dentro de la comunidad del Cambio Global y que alude a nociones como los “límites planetarios” y a un “cambio de estado en los sistemas naturales de la Tierra” (Whitmee et al. 2015).

### III.5. Recapitulación

El AWG es un colectivo de científicos inicialmente conformado en 2009 por la *Subcomisión de Estratigrafía del Cuaternario* (SQS), que es parte de *Comisión Internacional de Estratigrafía* (ICS) y ésta, a su vez, parte de la *Unión Internacional de Ciencias Geológicas* (IUGS). El grupo fue liderado por el geólogo y paleontólogo Jan Zalasiewicz, que junto con otros miembros de la *Comisión de Estratigrafía de la Sociedad Geológica de Londres*, planteó en 2008 la pertinencia de considerar el Antropoceno como una unidad formal de tiempo geológico. El término había surgido en el año 2000 dentro de la comunidad del Cambio Global, primeramente impulsado por Paul Crutzen (Crutzen & Stoermer 2000, Crutzen 2002), premio Nobel de química y una de las figuras de referencia dentro de la recientemente constituida *Earth System Science* (ESS). Durante el año 2000 y el 2008, el Antropoceno fue popularizándose dentro de este colectivo como un concepto unificador y como parte del proyecto IHOPE, junto con otros conceptos como la “Gran Aceleración del siglo XX” o los “límites planetarios” del “Sistema Tierra” (Steffen et al. 2020). Sin embargo, con la conformación del AWG, el Antropoceno pasó a ser un proyecto estrictamente estratigráfico —con el objetivo de incorporarlo como época formal en la *Tabla*

---

<sup>115</sup> El campo de la salud pública siempre se ha ocupado de la relación entre los entornos en los que viven las personas y su salud. Durante el siglo XIX hasta mediados del siglo XX, sobre todo se prestó atención a cuestiones como el agua potable, la contaminación atmosférica, el saneamiento, la calidad de las viviendas y, últimamente, la ordenación urbana y los agentes contaminantes orgánicos de larga duración. Sin embargo, a finales del siglo XX, la creciente preocupación por el cambio global hizo que surgieran temores sobre las consecuencias para la salud, que quizá se cristalizaron mejor en McMichael (véase Vidas et al. 2019, p. 39).

*Cronoestratigráfica Internacional* (ICC)— que en la actualidad sigue en curso. No hay una fecha establecida para tomar la decisión final, pero se espera sea en los próximos años.

Un primer análisis empírico del discurso explícito en torno a la elección del Antropoceno como proyecto estratigráfico muestra la “utilidad” como un valor epistémico importante, y que ha ejercido un rol directo en la decisión de constituir el proyecto de investigación del AWG (Zalasiewicz et al. 2008, AWG 2009). La utilidad epistémica no es una novedad con respecto a otros proyectos de formalización, puesto que también guía la acción del actual grupo de trabajo sobre la subdivisión del Holoceno (WGSB 2021) y, en general, aparece con frecuencia en la *Guía Internacional de Estratigrafía* (Salvador 1994), que es la principal referencia reguladora de la práctica estratigráfica. En todos estos casos la “utilidad” se entiende como un valor que incide en la practicidad a la hora de establecer un orden científico coherente en la historia geológica de la Tierra y el legado estratigráfico de sus rocas (Hedberg 1958). En el caso del AWG, sin embargo, debe destacarse un hecho notable: en esta ocasión no se estima el carácter utilitario del Antropoceno en términos exclusivamente epistémicos, sino que también se vincula con consideraciones políticas, jurídicas y sociales, por ejemplo. Se trata de un *transvalor*, dicho en mis términos, conllevando una pluralidad de implicaciones reflejada desde los inicios del AWG a través de la incorporación de miembros provenientes de un amplio espectro de disciplinas, cuyas matrices colectivas inspiran valores diferentes a los habituales dentro de la comunidad de geólogos. Es el caso de Davor Vidas, un jurista interesado en considerar la aplicabilidad de la formalización en el ámbito del derecho internacional marítimo. Y otro tanto ocurre con el historiador ambiental John McNeill, colaborador del proyecto IHOPE, o los mismos Paul Crutzen y Will Steffen, impulsores iniciales del Antropoceno y representantes de los valores de la ESS dentro del AWG. La “utilidad” supuso ser un valor explícito en la elección de la línea de investigación, pero éste sigue evolucionando en el desarrollo de la investigación, y sin duda será un valor relevante a la hora de tomar una decisión final (Zalasiewicz et al. 2019). No cabe establecer una necesaria demarcación entre valores de diferentes fases de investigación, por tanto, aunque éstas puedan distinguirse con propósitos analíticos.

Durante el proceso de recopilación de evidencias, un objetivo clave del AWG desde 2009 ha sido el establecimiento de un límite estratigráfico que fije un comienzo al Antropoceno. Este hito fue alcanzado el 21 de mayo de 2019, que tras una votación entre los miembros del grupo, se concluyó que la nueva época debería definirse mediante un GSSP —o “clavo dorado”— a mediados del siglo XX. La decisión ha satisfecho una serie de valores nucleares dentro de la matriz, tanto epistémicos como políticos, morales, jurídicos, ecológicos y económicos. Por una parte, el límite ha de definirse de forma lo suficientemente precisa, lo cual conllevó la elección de un GSSP frente a un GSSA —que son límites numéricos que se establecen en los registros estratigráficos donde apenas se dispone de materiales fósiles. A pesar de que esto último fue la idea original, las críticas recibidas al AWG por el posible carácter político de su investigación (Finney & Edwards 2016) y la presión por parte del resto de la comunidad estratigráfica para que siguiera estrictamente el canon disciplinario, parece que fueron factores decisivos para que el colectivo se comprometiera con la “precisión” asociada a un GSSP (Lundershausen 2018). La “cohesión” con el resto de la comunidad de geólogos, de hecho, ha devenido un valor social importante dentro del AWG (Zalasiewicz et al. 2019). La elección de un GSSP debe satisfacer, además, una serie de valores epistémicos muy particulares, como la “globalidad” y “sincronicidad” del límite elegido —es decir, que represente un cambio geológico ocasionado a escala planetaria y en un mismo lapso de tiempo. Las secciones-tipo deben asimismo satisfacer unas cotas mínimas de “inteligibilidad”, “espesura” y “continuidad”, además de contener suficiente “abundancia” y “diversidad” de fósiles



en el intervalo estimado. Todo ello en aras de preservar la “claridad”, la “simplicidad” y la “coherencia” de la Tabla Cronoestratigráfica Internacional.

Hubo varias opciones evaluadas a la hora de escoger un límite estratigráfico, todas ellas planteadas a raíz del concepto emergido dentro de la ESS: la Revolución Neolítica, la Revolución Industrial y la Gran Aceleración del siglo XX. La primera fue propuesta por William Ruddiman (2003), un geólogo disidente de la propuesta de Crutzen, quien propuso el inicio del Antropoceno con las primeras actividades agrícolas, la domesticación animal, la deforestación extensiva y el incremento paulatino de los niveles de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> atmosféricos hace casi 11.000 años. Esta “hipótesis del Antropoceno temprano” fue rechazada por Crutzen y Steffen (2003), quienes defendieron que el Antropoceno se había iniciado en 1784 con la invención de la máquina de vapor y se había pronunciado con la Gran Aceleración del siglo XX, aludiendo que a “esas actividades [agrícolas] no cambiaron el funcionamiento del Sistema Tierra” (Hamilton 2016, p. 5). Finalmente la opción escogida por el AWG ha sido la última de ellas, escogiendo los radionucleidos esparcidos por las bombas atómicas de alrededor de 1950 como posibles marcadores del GSSP. Los valores explícitos en dicha decisión no son sólo epistémicos, sino que también debe satisfacer valores políticos y morales, como la “democracia”, la “igualdad”, la “libertad”, la “anonimidad”, la “responsabilidad”, la “integridad”, el “respeto” o la “justicia” en los procesos de votación. Además, las secciones candidatas para el establecer el GSSP deben satisfacer valores como la “accesibilidad” y “seguridad” del asentamiento, no siendo costoso su acceso y garantizando la conservación desde un punto de vista ecológico, económico y jurídico.

Todos los valores mencionados están recogidos de forma explícita en la *Guía y Estatutos de la Comisión Internacional de Estratigrafía* (Cowie et al. 1986, Remane et al. 1996), pero también merecen poner de relieve algunos rasgos inusuales del AWG que sugieren la presencia de valores implícitos. Aquí he señalado su vinculación social con miembros de la ESS, destacando la “futurabilidad”, la “interdisciplinaridad” y la “utilidad” extra-epistémica como valores que se desligan del canon habitual en grupos de trabajo de la ICS. Nótese, en primer lugar, que el AWG se origina a raíz de la propuesta de Crutzen, la cual se enmarca en la concepción del “Sistema Tierra” como un objeto de estudio diferente al de los geólogos (Hamilton 2015). Algunos autores han afirmado, de hecho, que la relación del AWG con la comunidad del Cambio Global ha provocado dificultades en las relaciones con la comunidad de estratígrafos, especialmente si consideramos que integrantes como Steffen, Vidas, McNeill u Oreskes han ejercido voto en la elección del límite estratigráfico (AWG 2019). En este sentido, es razonable pensar que el AWG incorpore el valor de la “interdisciplinaridad” en medio de un amplio discurso que aboga por ella, en particular en el ámbito de la ESS, donde a menudo se ve el Antropoceno como un “puente” unificador entre disciplinas (Trischler 2017, Steffen et al. 2020). Algunos autores como Santana (2019) han ido más lejos afirmando que las evidencias empíricas recogidas por el AWG podrían de hecho haber transferido valores nucleares disruptivos, como la “confiabilidad predictiva” de los modelos del cambio climático en la elección de los marcadores. No parece que este vaya a ser el caso, conocida la elección final del <sup>239</sup>Pu y <sup>240</sup>Pu, pero es destacable que la “futurabilidad” de dichos marcadores —es decir, cuánto tiempo se estima que van a estar presentes en el futuro— ha sido un valor importante en la decisión. Y este rasgo es único en la historia moderna de las formalizaciones de tiempos geológicos, que normalmente ha tratado de comprender el pasado — y no el futuro— estudiando el presente.

En cuanto a la transmutación del valor “utilidad”, hay que tener en cuenta que la hipótesis del Antropoceno ha traspasado ya los límites de las ciencias naturales, constituyéndose como una nueva forma de entender el rol humano en la transformación del medio ambiente y las



implicaciones de nuestras acciones en el planeta. La radicalidad del concepto explica por qué se ha convertido en un término tan popular, por qué se emplea para abarcar una gran variedad de significados: desde la modificación extrema del planeta provocada por el hombre hasta la pérdida de biodiversidad, la modificación del paisaje, la contaminación y el cambio climático. De momento, el AWG ha considerado su utilidad tanto para la geología, como para otras ciencias naturales —la ESS, en particular— y otras comunidades académicas. En este último caso, se ha aludido al derecho internacional en dos sentidos: uno replanteando las bases en las que se asienta su comunidad académica en derecho internacional —es decir, en las condiciones del Holoceno— y el otro está directamente relacionado con las consecuencias políticas del cambio de estado en el “Sistema Tierra” —ya que la ESS muestra que dicho cambio se hace cada vez más evidente y repercute en la vida cotidiana (Vidas et al. 2019). Otro tanto ocurre en el impacto en las ciencias de la salud pública, que han incorporado ya la “salud planetaria” como un factor en su discurso. En estos casos la formalización del Antropoceno se contempla como un evento que respalda la comprensión del cambio global, de un cambio en el “Sistema Tierra”. Y que tendría consecuencias prácticas directas en el desarrollo y aplicación de sus disciplinas.

Lo expuesto en este capítulo, por tanto, desprende una conclusión: el proyecto de formalización del Antropoceno está influenciado por el paradigma integrador y sistémico de la ESS, sin perjuicio de que se satisfagan los valores nucleares de la práctica estratigráfica tradicional. Su origen se remonta a Crutzen —miembro honorario del AWG hasta su defunción en 2021, y a quien se dedica el trabajo de recopilación de evidencias (Zalasiewicz et al. 2019)—, está conformado por miembros de la comunidad del Cambio Global y presenta una serie de rasgos poco frecuentes en otros grupos de trabajo en estratigrafía. Actualmente, el AWG afirma que “hay que distinguir entre la relevancia social más amplia de la formalización y la utilidad científica” (Vidas et al. 2019, p. 39), siendo esta última a lo que se restringe su mandato. Sin embargo, ¿puede realmente establecerse dicha demarcación? El concepto Antropoceno para la ESS —como se mostrará en el siguiente capítulo— supone algo más que una aséptica descripción del Sistema Tierra, por lo que convendría considerar los valores adheridos a su discurso, y que pueden asumirse implícitamente tanto en la recopilación de evidencias como en la decisión final por parte la IUGS. No basta con inferir valores a partir de sus documentos y discursos explícitos, por tanto, sino que también hay que indagar retrospectivamente en el contexto histórico donde emerge el discurso en cuestión. Eso dismantelará el ideal de *value-free* que subyace al AWG cuando afirman que una cosa es “la potencial utilidad para la ciencia, facilitando un cambio de paradigma” y otra cosa es “la relevancia social más amplia en la concienciación política” (*Ibid.*).



## CAPÍTULO IV. El Antropoceno en su contexto: historia y valores de la *Earth System Science*

### IV.1. Introducción

Tras un análisis de los principales valores explicitados en el discurso del AWG, es decir, en el actual proyecto de formalización del Antropoceno como unidad de tiempo geológico, este capítulo se centrará en indagar en el origen histórico de la *Earth System Science* (ESS), de cuya matriz colectiva surgió el término “Antropoceno” y su ulterior conceptualización. El objetivo es, precisamente, contextualizar históricamente esta noción que se ha mostrado vinculada con el proyecto del AWG, tanto por las complicidades intercolectivas con la comunidad del Cambio Global como por los motivos y previsibles implicaciones de una eventual formalización. Comprender el marco histórico-axiológico que ha moldeado la formulación del Antropoceno en el seno de la ESS ayudará a tener una referencia de los valores contextuales que posiblemente estén implícitos en el discurso científico del AWG. La comparación con otros “Antropoceno” surgidos en el pasado —como el “Antropozoico” de Stoppani (V.2.1)—, acontecidos en contextos históricos significativamente diferentes, permitirá hacer del contraste un buen recurso para dar cuenta de las condiciones tácitas que puedan pasar de inadvertidas en un análisis axiológico exclusivamente centrado en los procesos evaluativos actuales. En este capítulo se dará el primer paso ateniendo a la historia axiológica del contexto que condicionó la conceptualización del Antropoceno dentro de la ESS, mientras que en el próximo capítulo se confrontará críticamente con una alternativa histórica enterrada en la historia de la geología.

En primer lugar, se ha de tener en cuenta que el significado actual del Antropoceno como concepto científico no puede entenderse sino en el contexto de emergencia de la ESS (Hamilton 2016, Steffen et al. 2020). Desde hace varias decenas de miles de años, diversas culturas de distintas partes del mundo habían comprendido los ciclos y sistemas de su medioambiente, donde el ser humano a menudo era considerado una parte integrante de ellos. Sin embargo, fue solo a partir del siglo XX cuando se dieron las circunstancias que posibilitaron, sobre la base del reconocimiento de la vida como una fuerte influencia en el entorno químico y físico del planeta, el surgimiento de la ecología de sistemas, la modelización biofísica de la biosfera y de los sistemas complejos (Vernadsky 1924, Lovelock 1979). Esto hizo posible que los científicos pudieran, en el marco de la Guerra Fría, empezar a concebir la Tierra como una sola entidad operativa integrada por una serie de “esferas” que interactuaban entre sí —la hidrosfera, la atmósfera, la criosfera, la litosfera y la biosfera. Preludiado por el trabajo institucional realizado en la década de 1980 por la NASA, la ESS comenzó su andadura en 1986 a través del *Programa Internacional de Geosfera-Biosfera* (IGBP), el cual reunió a miles de científicos e introdujo —en colaboración con otros programas del Cambio Global— un nuevo objeto de consideración científica: el “Sistema Tierra”, compuesto por procesos químicos, climáticos y biológicos entrelazados entre sí a diferentes escalas de tiempo.

Destacados climatólogos, oceanógrafos, geoquímicos, geofísicos y ecólogos presentaron la ESS como un programa de investigación revolucionario que reorganizaría por completo las disciplinas tradicionales en ciencias de la Tierra —dedicadas al estudio de los componentes del sistema, pero no a sus interacciones— en torno al estudio del nuevo objeto. El resultado más visible de sus primeras fases fue precisamente la formulación del Antropoceno a partir del año 2000, con el que

se concibieron las sociedades humanas como el subsistema más influyente en el estado y funcionamiento de todo el Sistema Tierra (Steffen et al. 2002). En este capítulo se abordarán, por tanto, las condiciones histórico-axiológicas que durante la segunda mitad del siglo XX moldearon el pensamiento sistémico moderno aplicado al estudio científico de la Tierra, y ulteriormente se incidirá en la dimensión axiológica del programa IGBP entre 1986 y 2010. El primer apartado dará cuenta de la presencia de múltiples valores contextuales en hitos históricos relevantes para comprender la emergencia de la ESS, como fueron las actividades desarrolladas en el *Año Geofísico Internacional* entre 1957 y 1958 (IV.2.1), la emergencia de los movimientos ecologistas modernos (IV.2.2), la publicación del informe *Limits to Growth* en 1972 (IV.2.3), la exploración espacial y las primeras fotografías globales de la Tierra (IV.2.4), la formulación de la *hipótesis de Gaia* en los 70 (IV.2.5), la concienciación de los peligros del cambio global originados por el ser humano, incluyendo el calentamiento global (IV.2.6), y el agujero de la capa de ozono (IV.2.7). En el segundo apartado, por otra parte, se distinguirán dos fases en el desarrollo del programa IGBP: entre 1986 y 2000 (IV.3.1), y entre los años 2000 y 2010 (IV.3.2). Precisamente, será en esa interfase del programa cuando surgirá el término “Antropoceno”, cuya emergencia queda comprendida en base al contexto histórico-axiológico esbozado durante el capítulo.

Como he defendido en el primer capítulo, considero que el objeto de la historia de la ciencia no es científico, sino histórico: “el objeto de la historia de las ciencias es pues un objeto no dado, un objeto al que el inacabamiento le es esencial. [...] El objeto del historiador de las ciencias no puede ser delimitado sino por una decisión que le asigne su interés y su importancia” (Canguilhem 2005 [1968], p.11). De ahí que la narrativa esté centrada en la perspectiva axiológica de cada evento histórico, resaltando los aspectos más relevantes para comprender el contexto en el que emerge la ESS y la concepción —tanto descriptiva como prescriptiva— del ser humano como un agente transformador del entorno global. Este es el motivo, además, por el que se hará hincapié en el punto de vista occidental —e incluso anglocéntrico— de la historia: los proponentes del Antropoceno, así como las principales líderes del programa IGBP, y después del AWG, son hombres —mayoritariamente— nacidos y crecidos en países anglófonos a mediados del siglo XX<sup>116</sup>. Se hará uso, asimismo, del orden conceptual sintetizado en el primer capítulo: no esperando contrastar una particular tesis axiológica de la historia, sino empleando el marco filosófico esbozado como un recurso interpretativo coherente y versátil.

## IV.2. Antecedentes históricos a la comprensión sistémica de la Tierra

Las conceptualizaciones pasadas de la Tierra fueron antecedentes significativos de la comprensión contemporánea del Sistema Tierra. Algunos ejemplos son *Theory of the Earth* de James Hutton de 1788, la ciencia humboldtiana del siglo XIX y la “Biosfera” de Vladímir

---

<sup>116</sup> Paul Crutzen nació en 1933 en los Países Bajos, desarrollando su carrera profesional en Suecia, Reino Unido y Alemania. Will Steffen nació en 1947 en EE. UU., donde se formó, se doctoró y ha trabajado durante la mayor parte de su vida científica, además de dedicar varios años de la última década en Australia. Otro tanto ocurre con John McNeill —quien introdujo la noción de la “Gran Aceleración” —, nacido en 1954 en EE. UU., donde actualmente sigue con su labor en la Universidad de Georgetown. También Jan Zalasiewicz, figura líder del AWG, nacido en 1954 en Manchester, Reino Unido, donde ejerce su labor docente y de investigación. Basta observar la lista de miembros del AWG (véase p.ej.: AWG 2022) para dar cuenta de la afiliación de la inmensa mayoría de miembros a universidades y centros de investigación británicos y estadounidenses, con contadas excepciones en instituciones alemanas, francesas, e incluso una española.

Vernadsky en 1926<sup>117</sup>. Sin embargo, para entender las raíces histórico-axiológicas de la ESS y el contexto específico donde crecen, estudian, viven y trabajan los que fueran proponentes del Antropoceno, acotaré mi estudio a partir de la segunda mitad del siglo XX, cuando en un contexto de Guerra Fría y la aparición de los primeros ordenadores, las ciencias atmosféricas se transformaron y globalizaron (Edwards 2010), así como otras ciencias de la Tierra y del medio ambiente (Oreskes & Krige 2014). Dichas transformaciones representaron cambios axiológicos notables en la actividad científica, por ejemplo en la geofísica, que experimentó un crecimiento sin precedentes gracias a que el mecenazgo militar primó sobre las fuentes tradicionales de financiación de las ciencias de la Tierra (Doel 2003). La vigilancia y prospección del medio ambiente mundial pasaron a ser un objetivo estratégico cargado de valores militares, facilitando la obtención de información que más tarde sería útil para la actual ESS (Turchetti & Roberts 2014). Por otro lado, las décadas de 1960 y 1970 estuvieron marcadas por una mayor conciencia cultural de los problemas medioambientales, suponiendo la emergencia de valores ecológicos tanto en los colectivos científicos como en el público general (Echeverría 2003). La publicación de *Silent Spring* de Rachel Carson (Kroll 2001), el discurso “Only One Earth” en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano de 1972, las primeras alertas sobre el agotamiento de la capa de ozono y el cambio climático y la publicación del informe *Limits to Growth* del Club de Roma (Meadows et al. 1972) —que advertía de la finitud del crecimiento económico debido al agotamiento de los recursos y la contaminación— fueron indicadores representativos de esa mayor concienciación.

#### IV.2.1. El Año Geofísico Internacional [1957-1958]

El enorme crecimiento reciente de las ciencias de la Tierra y de la explotación del medio ambiente se remonta a los años posteriores a la Segunda Guerra Mundial (Doel 2003, McNeill & Engelke 2016, Steffen et al. 2020). Algunos autores como Derek J. de Solla Price (2020 [1963]) se refirieron a este período de crecimiento científico como la *Big Science*, distinguible por el incremento exponencial en recursos empleados, la especialización disciplinaria y el desarrollo de proyectos de gran impacto social, político, económico y militar. Muchos académicos apoyarían dicha caracterización, como Sánchez Ron: “la *Big Science* es un proceso de investigación característico de nuestro siglo” (1994, p. 36). Echeverría iría más lejos afirmando que “la

---

<sup>117</sup> En *Theory of the Earth*, el geólogo escocés James Hutton quiso demostrar que la Tierra era sistema producto de cuatro fuerzas naturales, tres inertes y una viva, donde en un ciclo repetido de erosión y sedimentación, el calor de la actividad volcánica era la fuerza motriz (véase Craig 1984). También formuló el principio del *uniformismo* en geología —lo que podría estar sucediendo hoy, durante largos períodos de tiempo, podría producir lo que podemos observar en las rocas—, que fue utilizada más adelante por Charles Lyell en su trabajo, y que a su vez fue una importante influencia para Charles Darwin (*Ibid.*). La Alexander von Humboldt, por su parte, aportó una visión revolucionaria sobre la Tierra como un sistema: el *Naturgemälde* —“pintura de la naturaleza”—, un diagrama meticulosamente elaborado que representaba la relación entre las zonas elevadas y de vegetación de la Tierra (véase Jackson 2009). Humboldt se dio cuenta de que una estratificación vertical reflejaba los patrones globales de vegetación, con bosques lluviosos en los trópicos, bosques caducifolios y praderas en las zonas templadas, y tundra en las latitudes altas (*Ibid.*). En el caso de Vladímir Vernadsky, uno de los fundadores de la geoquímica y la biogeoquímica, a principios del siglo XX desarrolló la *teoría de la biosfera-noosfera*. Para el minero ruso, la geosfera era la primera fase en desarrollarse de la Tierra, la segunda era la biosfera o vida biológica —que transformó a la geosfera. Después llegaría la “noosfera” —es decir, la esfera de la conciencia humana—, que a su vez transformaría la biosfera (véase Ghilarov 1995).

megaciencia fue la precursora de la tecnociencia y ambas se diferencian de la ciencia moderna” (2003, p. 16), refiriéndose a “un cambio en la estructura de la actividad científica”.

En el período de la postguerra, las tecnologías emergentes —como los misiles balísticos y los submarinos— ayudaron en buena medida a situar las ciencias de la Tierra, especialmente la oceanografía y la ciencia espacial, en primera línea de los planes de seguridad nacional (Doel 2003). Al mismo tiempo, los geocientíficos también facilitaron grandes acuerdos multilaterales, incluido el *Tratado de la Antártida* de 1960 y el *Tratado de Prohibición Limitada de los Ensayos Nucleares* de 1963 (*Ibid.*). Además avanzaron ideas para controlar la naturaleza al servicio de los intereses políticos y militares de EE. UU., desde la desalinización de posibles suministros de agua en Oriente Medio hasta el control del clima como herramienta militar y diplomática<sup>118</sup>. Un punto clave en la comprensión del medio ambiente global, en cualquier caso, se dio a principios de la década de los 50, momento en el que comenzó a desarrollarse la internacionalización de la ciencia a través de un pequeño grupo de científicos vinculados al sistema de defensa occidental. Este puso en marcha un programa mundial de recogida de grandes cantidades de datos encauzados a la comprensión de la Tierra como un sistema geofísico complejo, relacionando más de una docena de disciplinas en la investigación —desde la meteorología y la oceanografía hasta la física solar, la glaciología y la gravimetría (Goossen 2020).

Todo ello quedó plasmado con el *Año Geofísico Internacional* (IGY), impulsado por el *Consejo Internacional de Uniones Científicas* (ICSU), basado en el modelo de los *Años Polares Internacionales*<sup>119</sup>, y transcurrido entre el 1 de julio de 1957 y el 31 de diciembre de 1958 (véase Berkner 1954, Beynon 1970). Con él se esperaba que los datos recogidos facilitaran el sofisticado armamento estadounidense, como los mencionados submarinos nucleares y los misiles balísticos intercontinentales, al tiempo que fomentaban una revolución técnico-científica a la que los estrategias otorgaron un gran valor dentro del contexto competitivo de la incipiente Guerra Fría (Sánchez Ron 1992, Echeverría 2003). Los responsables políticos de occidente no impulsaron la iniciativa predominada por valores epistémicos, sino que ante todo estimaron valiosa la

---

<sup>118</sup> Como he desarrollado con más detalle en otro lugar (véase Granados 2021, pp. 22-24), las primeras iniciativas que trataron de modificar la meteorología empezaron en el último cuarto del siglo XIX, aunque no emergieron en el espacio público hasta la entrada de los años 50 en Estados Unidos, en el momento en el que el gobierno decidió ponerlos en marcha con el desarrollo de programas ligados a las ciencias atmosféricas de *la Big Science*, convirtiéndose en una prioridad dentro de los programas de investigación. Varios de los proyectos se vincularon a la generación de lluvia de forma artificial, donde colaboraron empresas como *General Electric Research Laboratory*. En este caso, varios de sus trabajadores descubrieron que la producción de nubes sobreenfriadas químicamente daban lugar a una estructura cristalográfica parecida al hielo que origina la lluvia, cosa que impulsó la “siembra de nubes” como una práctica con múltiples aplicaciones. En primera instancia, el objetivo fue incrementar o disminuir —según la necesidad— las precipitaciones en zonas secas, así como la prevención de grandes tormentas, granizadas u otro fenómeno meteorológico que pudiese tener un impacto perjudicial a las actividades agrícolas. No obstante, el equipo de investigación pasó rápidamente a asesorar al ejército estadounidense en el *Proyecto Cirrus*, que supuso ser la primera investigación en física de nubes y modificación meteorológica. Desde un punto de vista axiológico, cabe señalar que la *Oficina Meteorológica Federal* de EE. UU. propulsó el Proyecto Cirrus en aras a aumentar la satisfacción de valores sociales y militares, que ejercieron un rol directo en la elección de los problemas a investigar (*Ibid.*).

<sup>119</sup> En los Años Polares se trataron de recopilar datos meteorológicos en la región ártica. Durante el primero de ellos, celebrado entre agosto de 1882 hasta agosto de 1883, los doce países participantes mantuvieron puestos de observación en la región registrando datos de las condiciones meteorológicas y magnéticas, así como de las auroras boreales (El Correo de la Unesco 1957, p. 4). El segundo de ellos, celebrado entre agosto de 1932 y agosto de 1933, conllevó la participación de 49 países en la observación del Antártico y la investigación de la ionización de la atmósfera superior y su impacto en la comunicación radiofónica a través del globo. En 1952, se decidió ampliar el proyecto de los Años Polares dándole el nombre de Año Geofísico Internacional (*Ibid.*).



información medioambiental de zonas que estaban fuera de su control territorial —como el polo norte y la Antártida, las capas más externas de la atmósfera o las profundidades de los océanos— como mecanismo para satisfacer valores económicos y militares en sus países tras la Segunda Guerra Mundial (Doel 2003, Echeverría 2003).



*Ilustración 5. Reunión en 1957 de la directiva de la Comisión Especial del IGY en Bruselas. De izquierda a derecha: Vladimir V. Belousov (U.R.S.S.), Lloyd Berkner (EE. UU.), Marcel Nocilet (Bélgica), Jean Coulomb (Francia) y Sydney Chapman (Reino Unido) (Rodnikov et al. 2009).*

De este modo, el IGY se utilizó para conseguir la cooperación del mayor número posible de países del mundo, dado que —aunque todos los participantes tuvieran acceso a los datos medioambientales resultantes— creían que los países más ricos como Estados Unidos podrían, no obstante, aprovecharlos con mayor eficacia que los demás (Goossen 2020). Tal es la razón por la que, por ejemplo, el presidente Dwight D. Eisenhower se mostró a favor del lanzamiento de los primeros satélites, creyendo que proporcionarían una justificación legal para los vuelos de vigilancia a gran altura sobre el territorio enemigo (Doel 2003), mientras que los científicos y políticos de los países menos poderosos aprovecharon su participación para congraciarse con Estados Unidos, mejorar su influencia regional o promover sus propios objetivos nacionales (Gossen 2020).

Los negociadores soviéticos, por su parte, fueron los que más éxito tuvieron a la hora de convertir el IGY en un instrumento de gran valor: la iniciativa dio cobertura a una sólida investigación oceanográfica, un nuevo punto de apoyo permanente en la Antártida y el lanzamiento del primer

satélite artificial del mundo: el *Sputnik* (Doel 2003). La participación soviética transformó las geociencias en un asunto urgente dentro del marco competitivo de la Guerra Fría, estimulando a su vez en Occidente una inversión aún mayor y dando lugar a una serie de organismos duraderos, desde la NASA —fundada en julio de 1958— hasta el *Sistema del Tratado Antártico* firmado en 1959<sup>120</sup>.



*Ilustración 6. Científicos estadounidenses y soviéticos en la Antártida. Foto realizada por Alexander Maksimov (Rodnikov et al. 2009).*

En contraste con la visión de los gobiernos, con el IGY los científicos restaron importancia a las implicaciones militares y fomentaron una colaboración de aproximadamente 60.000 investigadores de más de sesenta países, la más grande del siglo XX (Doel 2003, p. 647). El geofísico Lloyd Berkner, consejero del gobierno estadounidense y proponente en primera instancia del IGY, lo promocionó como un hito de referencia para futuras generaciones de investigaciones apelando al llamamiento universal y al valor de la “paz”: “[...] cansados de guerras y disensiones, los hombres de todas las naciones se han dirigido a la ‘Madre Tierra’ en

---

<sup>120</sup> El Sistema del Tratado Antártico fue una colección de acuerdos que actualizaron las relaciones internacionales en la Antártida, que hasta entonces había sido un continente poco explorado (Gossen 2020). Supuso ser un primer marco regulativo en relación con el uso pacífico de la Antártica, el régimen de inspecciones de las actividades realizadas en el continente, la cooperación científica e información intercambiada en ella, convenciones y normas para la conservación de los recursos y del medioambiente, etc. Concretamente, se apela a la Antártica como una zona de paz y cooperación internacional, en la que se establece que “en interés de toda la humanidad que la Antártica continúe utilizándose siempre exclusivamente para fines pacíficos y que no llegue a ser escenario y objeto de discordia internacional” (INANCH 2021, p. 1).

busca de un esfuerzo común en el que a todos les resulte fácil ponerse de acuerdo” (Berkner 1954, p. 570). La investigación cooperativa a nivel mundial de los fenómenos naturales estableció un modelo para los estudios de las fuerzas “artificiales” —o antropogénicas—, especialmente los satélites espaciales, la lluvia radioactiva y las emisiones de gases de efecto invernadero. Los científicos vinculados con el sistema de seguridad de EE. UU. hicieron circular entre ellos valores militares y de otro tipo para investigar la geofísica antropogénica. Baste citar a Joseph Kaplan, presidente del comité de la IGY de los EE. UU., cuando comentó a una junta de desarrollo militar que los sistemas de armamento modernos requerían “un conocimiento exhaustivo del entorno físico en el que tienen que operar” (Goosen 2020, p. 168). Sin embargo, su colaboración con colegas investigadores de numerosos estados neutrales y enemigos, necesaria por la extensión geográfica del planeta Tierra, hizo que los organizadores occidentales del IGY impregnaran las explicaciones públicas de sus esfuerzos con valores sociales y ecológicos, dotando al discurso de un optimismo tecnológico despolitizado (*Ibid.*). Este acontecimiento supuso ser un claro antecedente para la ulterior constitución del Sistema Tierra como objeto de epistémico, haciendo hincapié en las presumibles ventajas para el desarrollo económico y alabando los trascendentales “experimentos” inaugurados por la carrera espacial y las pruebas nucleares (*Ilustración 7*). Por ejemplo, en un número especial de septiembre de 1957 de la revista “El Correo de la Unesco: una ventana abierta sobre el mundo”, dedicado al IGY, puede leerse lo siguiente:

“Los vientos de las grandes altitudes, las corrientes submarinas, la gravitación y el magnetismo, las radiaciones que bombardean la Tierra desde el espacio exterior desconocen las fronteras nacionales. Lo que ahora se necesita es un gran número de observaciones de los mismos fenómenos, efectuadas simultáneamente en muchos lugares de la Tierra. En otras palabras: *Es preciso que la humanidad en conjunto estudie ahora el planeta como un todo*. Por primera vez en la historia, ese estudio es posible en el presente. [...]. Una nueva era se inicia con el Año Geofísico Internacional, al que está consagrado el presente número de El Correo de la Unesco. Deberán transcurrir varios años antes de que podamos darnos cuenta de las modificaciones operadas por la nueva era sobre nuestra concepción del universo y nuestra comprensión de las fuerzas que actúan en la superficie y en el interior de la Tierra. Las décadas futuras nos mostrarán los beneficios que la humanidad puede obtener de los nuevos conocimientos. Pero la Edad novísima comienza con la acción concertada de los pueblos y con las cuidadosamente organizadas investigaciones de miles de hombres de ciencia del mundo entero” (1957, p. 2, las cursivas son mías).

De este modo, el IGY supuso ser una campaña de investigación sin precedentes que coordinó los esfuerzos de 67 países para obtener una comprensión más integrada de la geosfera, especialmente de la glaciología, la oceanografía y la meteorología. Tradicionalmente, los geógrafos habían estudiado e interpretado cualitativamente la geología y la climatología en base a observaciones de campo, pero uno de los impactos del IGY fue la transformación de estas prácticas introduciendo modelos numéricos, la instrumentación de campo y la monitorización cuantitativa y continua de muchas variables (Oreskes & Doel 2008). Del mismo modo, con esta iniciativa se comenzaron a emplear cohetes destinados a estudiar fenómenos que ocurren a grandes alturas, incluidas las capas atmosféricas más externas. Muchos de los satélites artificiales creados por EE. UU. y la URSS a finales de los 50 fueron utilizados, precisamente, para obtener datos para las investigaciones del IGY (Doel 2003, Gossen 2020). En retrospectiva, quizás el logro más

importante del IGY fue la verificación en 1958 de la existencia de un sistema continuo de dorsales submarinas oceánicas que rodeaban el globo —la cadena montañosa más grande de la Tierra—, cuyas implicaciones solo se entendieron en la década de 1970 con el reconocimiento de la tectónica de placas como un fenómeno básico de la corteza terrestre (Oreskes 1999). Otro hito notable dentro del marco del IGY fue el descubrimiento a altitudes de cientos y miles de kilómetros de los aros de radiación situados alrededor de la Tierra, esto es, los cinturones de Van Hallen<sup>121</sup>. Este tipo de logros y hallazgos particulares fueron tan solo una parte de los resultados técnicos y científicos del IGY, en cualquier caso. Se dedicó también un esfuerzo notable en recolectar datos sinópticos que permitieron obtener una visión más completa y general de los fenómenos físicos a escala global (*Ibid.*).

El IGY devino una referencia clave para la incorporación de valores ecológicos entre científicos de la Tierra, fomentando el inicio de una transformación en las actitudes humanas hacia el planeta (Goosen 2020). Al globalizar la investigación científica sobre los fenómenos geofísicos antropogénicos, el IGY representó un punto de inflexión entre los intereses occidentales de seguridad en el mundo natural tras la Segunda Guerra Mundial y las posteriores nociones conservacionistas sobre una Tierra interconectada, pero frágil (IV.2.4). Los historiadores del ecologismo han reconocido la influencia del IGY para ulteriores acuerdos conservacionistas globales e iniciativas ecológicas, como la regulación legal del espacio exterior (Uhrqvist 2014). Además, el éxito del IGY inspiró la creación de otros programas internacionales de investigación guiados por la “cooperatividad” entre naciones, claves para comprender la emergencia en 1986 del programa IGBP, y por tanto el surgimiento del término “Antropoceno” en el año 2000 (Crutzen & Stoermer 2000).

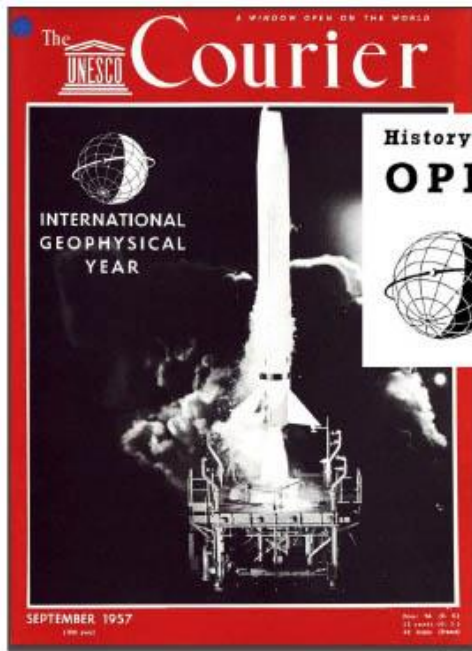
Por una parte, entre 1964 y 1974 se desarrolló el *Programa Biológico Internacional* (IBP), que supuso aplicar el modo organizativo de la *Big Science* a los estudios ambientales y ecológicos a gran escala, así como a los problemas ambientales apremiantes (Uhrqvist 2014). Este programa se centró en el efecto de los cambios en el entorno natural en las comunidades biológicas, así como en “la base biológica de la productividad y el bienestar humano” (p. 135). Por otra parte, la Asamblea General de las Naciones Unidas invitaría al Consejo Internacional para la Ciencia en 1967 a trabajar con la *Organización Meteorológica Mundial* (WMO) en el despliegue del *Programa de Investigación Atmosférica Global* (GARP), cuyo objetivo fue comprender la previsibilidad de los fenómenos atmosféricos y mejorar los pronósticos meteorológicos<sup>122</sup>. La emergencia y desarrollo de la ESS a finales del siglo XX, indispensable para comprender el éxito de la conceptualización del Antropoceno, surgió precisamente de estas iniciativas a la hora de comprender las interdependencias de la biosfera con las demás propiedades geofísicas de nuestro planeta que hacen posible la vida, cuya convergencia disciplinaria se apoyó en teorías, métodos y tecnologías de adquisición y centralización de datos promovidos en el marco del IGY (Doel 2003, véase IV.3.1).

---

<sup>121</sup> La instrumentación a bordo de los primeros satélites *Explorer* en 1958 permitieron detectar por primera vez el cinturón interior de Van Hallen. Poco más tarde, las sondas *Pioneer* III y IV hallaron el segundo cinturón de Van Allen (Turchetti & Roberts 2014).

<sup>122</sup> Uno de los grandes éxitos del GARP consistió en el reconocimiento de la posibilidad de constituir una nueva ciencia atmosférica basada en observaciones globales y continuas de la Tierra, así como con ordenadores capaces de modelizar y simular la circulación de la atmósfera global, lo cual impulsó el desarrollo de la agenda de la ciencia climática (International Science Council 2022). En 1979 le sucedería el *Programa Mundial de Investigaciones Climáticas* (WCRP), que se vincularía más adelante con el IGBP (véase IV.2.6).





## History's greatest science research project **OPERATION GLOBE**

Each of the 2,560,000,000 persons on earth lives in a local culture that is distinctive in its dress and social customs, in its habits of living and thinking, in its government and politics. Until recently most cultures regarded all others as strange or even inferior. A visitor from a far planet would be fascinated by this remarkable diversity. Yet he would be equally impressed by what men have in common, the essential humanity that is often not visible to us across the geographical and cultural barriers.

The diversity of human cultures is paralleled by a striking diversity in the environment, in the climate, the terrain and the soil. Mountains and plains, deserts and humid forests, icy winters and the blazing sun, rivers and the many arms of the sea are contrasting scenes that offer different foods and clothing, from furs to bladders, from gross diets to polar parks. Plants and animals vary with the environment, and man adapts to them all.



## **MAN-MADE SATELLITE** the first step into outer space

The most ambitious project of the International Geophysical Year and the most imaginative project in the history of mankind will reach out into space possibly as far as 1,000 miles above the earth's surface, to observe and report on conditions there. The launching of a 30-inch sphere, clad with electronic instruments and transmitters to a total weight of about 32 pounds, and setting it into an orbit around the earth at a velocity of approximately 18,000 miles per hour will be an incomparable achievement—not because it is spectacular, but

because it is precisely planned, mathematically predicted in advance, and because it requires the use of many fabulous devices that have been perfected only recently, a because of many nations and the integrated co-operation of thousands of experts.

No one man will get the credit or make the first voyage into unknown space, as Columbus did, or Magellan. This present voyage will be a superhuman electronic team that will go where the main data go, yet will do much of the thinking, investigate and report continuously to its creators



**THE GRASSHOPPER**, as this robot weather station is called, is dropped by parachute in a selected area from where meteorological reports would be of greatest value in forecasting the weather. On reaching ground, grasshopper detaches itself from the parachute, erects itself on its legs, takes weather information—wind direction, temperature, barometric pressure and humidity—transcribes these observations automatically into Morse and transmits them by radio at a speed of 17 words a minute. It operates on batteries which will power it for 60 days.

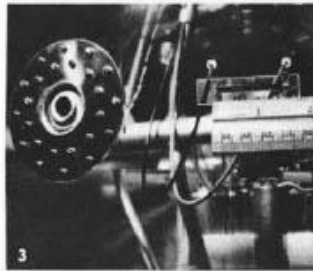


Ilustración 7. Collage del número de Septiembre de 1957 (Año X) de la revista "El Correo de la Unesco: una ventana abierta sobre el mundo", dedicado al Año Geofísico Internacional. Versión en inglés.

#### IV.2.2. Emergencia del ecologismo moderno [1958-1972]

La conciencia en torno a las relaciones entre el ser humano y su medioambiente natural se remonta siglos atrás<sup>123</sup>. No obstante, la preocupación ecológica moderna a raíz de las pruebas atómicas — con el telón de fondo de la guerra de Vietnam— es un momento histórico destacable al que se refieren muchos historiadores y ecologistas (Haq & Paul 2012, p. 3). La Segunda Guerra Mundial trajo consigo cambios tecnológicos disruptivos que pasaron a utilizarse en tiempos de paz para asegurar la prosperidad económica. Los plaguicidas químicos utilizados durante la guerra para controlar las enfermedades, en concreto, encontraron un nicho de mercado como productos de erradicación de plagas en tierras de cultivo y hogares (Kroll 2001). Durante el período de la *Big Science*, la ciencia ecológica se benefició de esta expansión industrial y se incorporó a ella: la financiación aportó nuevos aparatos científicos y la oportunidad de utilizar técnicas cuantitativas y de modelización, y los ecólogos fueron contratados por los organismos gubernamentales para mejorar el uso y la gestión de los recursos naturales (Haq & Paul 2012).

El aumento del uso de plaguicidas químicos y la preocupación de los científicos por sus efectos más amplios fueron fundamentales para el desarrollo del movimiento ecologista moderno, sobre todo en Estados Unidos<sup>124</sup>. De hecho, es común referirse a sus inicios con la publicación del libro *Silent Spring* el 27 de septiembre de 1962, donde Rachel Carson introdujo una primera denuncia pública ante los riesgos de la utilización del DDT: un pesticida sintético empleado durante la Segunda Guerra Mundial que apareció en el mercado en 1942 y cuyas propiedades insecticidas fueron descubiertas por Paul Müller —premio Nobel de medicina en 1948— para erradicar plagas agrícolas y combatir algunas enfermedades transmitidas por los insectos (Kroll 2001). El programa de erradicación de hormigas bravas del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos en 1957, que conllevaba la fumigación aérea con DDT y otros pesticidas mezclados con fuelóleo e incluía la fumigación de terrenos privados, llevó a Carson a dedicar su investigación a los pesticidas químicos y otros tóxicos ambientales. Su conclusión fue clara: los pesticidas tenían efectos altamente perjudiciales sobre el medio ambiente, incluida la intoxicación en humanos,

---

<sup>123</sup> En su estudio histórico del ambientalismo a partir de 1945, Haq y Paul (2012, p. 3) apuntan que el pensamiento acerca de la relación del ser humano con la naturaleza se remonta a Hipócrates, quien señaló los efectos del clima y la alimentación como causantes de enfermedades. Previa al siglo XX, a este respecto caben señalar también las aportaciones de Alexander von Humboldt [1769-1859], quien combinó la física y la biología para explicar el impacto del clima y los terrenos en las plantas, o las de Thomas Malthus [1766-1834], quien mostró cómo el crecimiento de la población estaba condicionado por los límites de los recursos. Otro tanto cabría decir de Ernst Haeckel [1834-1919], introductor del término “ecología” para describir las relaciones entre los organismos y su entorno, o George Perkins Marsh [1801-1882], quien sostuvo que el ser humano era la causa principal de extinción de las especies. Por su parte, el silvicultor y académico Aldo Leopold [1886-1948] fue uno de los primeros en combinar las ideas ecológicas con los valores estéticos y morales de una forma que coincide claramente con el pensamiento medioambiental contemporáneo (Haq & Paul 2012). Leopold propuso una ética de la tierra que hizo hincapié en la armonía entre los seres humanos, el suelo, el agua, las plantas y los animales como una sola comunidad. Esta filosofía ganó un mayor atractivo a partir de finales de la década de 1960, cuando los cambios trascendentales en las condiciones sociales, económicas y políticas se combinaron con cambios rápidos y visibles en el estado del medio ambiente (*Ibid.*).

<sup>124</sup> Dados los grandes beneficios del aumento de la producción agrícola y el control de plagas, la preocupación por ellos tardó en llegar a la conciencia pública. Como muestran Haq y Paul (2021), en las décadas de 1940 y 1950 había indicios de que el uso de productos químicos podía afectar a las especies no objetivo, pero esto no se comprendía bien desde el punto de vista científico. En el Reino Unido, la muerte de aves y zorros a gran escala se planteó en la Cámara de los Lores y en Estados Unidos los científicos cuestionaron la fumigación aérea indiscriminada. Sin embargo, entre 1947 y 1960 la producción nacional de pesticidas sintéticos se multiplicó por más de cinco (*Ibid.*).



cáncer y otras enfermedades, acusando a la industria química de desinformar intencionalmente a la población (Carson 2022 [1962]).

Como señala Kroll, una explicación razonable para la emergencia del ecologismo es que la cultura de la prosperidad en la postguerra permitió a la población estadounidense valorar su estilo y calidad de vida: “la abundancia económica generó un cambio de valores, un deseo de mantener los bienes por su estética y confort” (p. 404). Este cambio axiológico da cuenta de los múltiples esfuerzos por atajar la degradación de los ecosistemas también a nivel local, ya que muchos activistas promovieron políticas que preservaran la salud y la belleza de los espacios que habitaban. Pero para pasar de un discurso local a uno nacional, el ecologismo necesitaba, según Kroll, un acontecimiento que atrajera la atención del público sobre las cuestiones medioambientales. Y uno de ellos fue la controversia con el DDT. De este modo, el libro de Carson vendió más de 100.000 ejemplares en los primeros tres meses y permaneció en la lista de los más vendidos durante 31 meses, habiendo sido preludiado en el *New Yorker* y el *New York Times* poco tiempo antes de su publicación (Ilustración 8). El impacto del libro fue notable entre el público estadounidense, impulsando a conservacionistas, ecologistas, biólogos, críticos sociales y agricultores orgánicos a unirse al movimiento ecologista. De hecho, como resultado de las discusiones emergidas en los medios de comunicación, el presidente John F. Kennedy solicitó un informe detallado de la cuestión a su comité científico en el gobierno (Kroll 2001, Haq & Paul 2012). El informe se emitió el 15 de mayo de 1964, respaldando en gran medida los datos detallados en el libro de Carson, que contenía más de 500 referencias a artículos y publicaciones científicas, aunque no fue hasta 1972 cuando se aplicaron las primeras medidas restrictivas (*Ibid.*). A pesar de que ya existía evidencia científica que avalaba la persistencia del DDT en el medioambiente y su acumulación en los organismos, muchas empresas productoras de pesticidas siguieron defendiendo la primacía de valores económicos sobre valores ecológicos.



Ilustración 8. “La primavera silenciosa es ahora un verano escandaloso”, artículo publicado por John M. Lee en el *New York Times* del 22 de julio de 1962, página 86.

El cambio de percepción de la sociedad ante la naturaleza causado por *Silent Spring*, en cualquier caso, cristalizó en una época reactiva —dentro del contexto de la crisis de los misiles de Cuba y el uso de herbicidas químicos en la guerra de Vietnam— al sistema de valores dominante. El impacto del libro impulsó en buena medida la emergencia de los valores ecológicos, a través de la generación de una conciencia mayor sobre los problemas ambientales y el interés en cómo las personas afectan el medio ambiente. No fue un simple libro sobre pesticidas, ni tampoco estuvo guiado exclusivamente por valores epistémicos: tradujo los principios fundamentales de la ecología científica para satisfacer valores ecológicos, desafiando a las grandes empresas e introduciendo la idea de la ciencia como instrumento para controlar la naturaleza (Huq & Paul 2012). Desde su publicación, de hecho, el uso de evidencias científicas se convirtió en una de las principales fuentes de argumentación de los movimientos ecologistas (*Ibid.*).

A medida que aumentaba la preocupación por el futuro del planeta y de las sociedades humanas, más personas empezaron a vincular el medio ambiente con valores ecológicos y alternativas para la ordenación de la sociedad. De aquí que surgieran nuevos grupos de presión, como *World Wide Fund for Nature* [1961], *Friends of the Earth* [1969] o *Greenpeace* [1971]. A lo largo de las décadas de 1960 y 1970, este tipo de grupos ecologistas hicieron campaña a favor de leyes nacionales en EE. UU. más estrictas para el control de la contaminación, así como de organismos con poder para hacerlas cumplir y que contribuyeron a lograr una serie de hitos legislativos<sup>125</sup>. Una característica de este movimiento, como indican Huq y Paul (2012), fue el trabajo conjunto de científicos y juristas que fundaron los nuevos grupos —o fueron contratados por ellos— y presentaron demandas ambientales que retrasaron o detuvieron las actividades gubernamentales e industriales. Por otra parte, aunque fueron sobre todo los estratos más jóvenes de la sociedad los que disidieron del carácter militar e industrial de la *Big Science*, el libro de Carson también llamó la atención de intelectuales con posiciones más moderadas. Fue el caso del médico y bacteriólogo Paul Ehrlich —al que, por cierto, alude Fleck en varias ocasiones en su obra (1986 [1935])—, quien publicó *Population Bomb* en 1968, libro en el que relacionó la población humana con la contaminación medioambiental y la explotación de recursos naturales<sup>126</sup>. Otro tanto cabría decir de *The Cost of Economic Growth* de Ezra J. Mishan en 1967, el anterior *The Affluent Society* de John K. Galbraith en 1958, o *The Chasm Ahead* en 1969 de Aurelio Peccei —quien a su vez sería uno de los padres fundadores del Club de Roma (IV.2.3). Estas narrativas críticas del crecimiento económico y su vinculación con el medio ambiente fueron el caldo de cultivo para el surgimiento de iniciativas en pos de la conciencia de los límites planetarios y las relaciones del ser humano con su medio ambiente.

#### IV.2.3. El Club de Roma y los límites de crecimiento mundial [1968-1972]

En 1968, mismo año de la publicación del libro de Ehrlich, se juntaron en la *Accademia dei Lincei* en Roma una treintena de personalidades de diversas nacionalidades ligadas a la ciencia, la educación, la política y la economía para abordar varios de los riesgos que Ehrlich vaticinaba en

---

<sup>125</sup> Entre ellos se encuentran, por ejemplo, la *Ley de Política Ambiental Nacional*, la *Ley de Aire Limpio*, la *Ley de Agua Limpia* y la *Ley de Especies en Peligro* aprobadas en EE. UU. (Huq & Paul 2012, p. 8).

<sup>126</sup> En general, las narrativas distópicas del futuro en torno al colapso medioambiental proliferaron en la década de los 60 (Garfoth 2019). Al mismo tiempo que la ciencia popular proyectaba futuros fantásticos, los escritores y editores de ciencia ficción afirmaban que sus historias trataban sobre hechos observables en el presente, y que “no eran catástrofes imaginarias” (*Ibid.*).

su libro<sup>127</sup>. Así surgió el *Club de Roma*, que sigue activo en la actualidad: una organización no gubernamental constituida por expertos preocupados en “comprender los componentes variados pero interdependientes —económicos, políticos, naturales y sociales— que conforman el sistema mundial en el que vivimos; llamar la atención de los responsables políticos y del público de todo el mundo sobre esta nueva comprensión; y, de este modo, promover nuevas iniciativas y acciones políticas” (Meadows et al. 1972, p. 9). El Club de Roma se conformó así a través de la asociación informal de aproximadamente 70 personas de 25 nacionalidades que no ostentaban cargo público alguno, y en principio sin intención de expresar puntos de vista ideológicos, políticos o nacionales. Todos ellos estaban unidos, sin embargo, por su “convicción en que los principales problemas a los que se enfrenta la humanidad son de tal complejidad y están tan interrelacionados que las instituciones y las políticas tradicionales ya no son capaces de hacerles frente, ni siquiera de comprender todo su contenido” (pp. 9-10).

El que fuera profesor de sistemas en el MIT, Jay Forrester, se ofreció en la primera cumbre del grupo —en 1970— a emplear los modelos computacionales que había diseñado para el abordar con mayor rigor los problemas complejos que inquietaban al grupo (*Ibid.*). Así, un grupo multidisciplinar del Instituto de Tecnología de Massachusetts comenzó a estudiar las consecuencias del crecimiento exponencial desenfrenado, examinando los cinco factores principales que determinarían y, en su interacción, acabarían limitando el crecimiento de la humanidad: población, agotamiento de recursos no renovables, producción agrícola, producción industrial y contaminación. Todo ello culminó con la decisión de iniciar una empresa notablemente ambiciosa: el *Proyecto sobre el Predicamento de la Humanidad*. El objetivo del proyecto fue examinar todo ese complejo de problemas que preocupaban a los seres humanos de muchas naciones, incluyendo la pobreza, la degradación del medio ambiente, la pérdida de confianza en las instituciones, la expansión urbana incontrolada, la incertidumbre laboral, el alineamiento ideológico de los más jóvenes, el rechazo de los valores tradicionales y varias preocupaciones de carácter económico, como la inflación. Estos factores en apariencia dispares dentro de la “problemática mundial”, como la denominó el Club de Roma, compartían tres rasgos: se daban en menor o mayor medida en todas las sociedades, contenían elementos técnicos, sociales, económicos y políticos, y lo más importante: interactuaban entre sí. Esta idea sería muy importante posteriormente en el diseño de los gráficos de la Gran Aceleración del siglo XX (Steffen et al. 2007, 2015a) y, en general, en la concepción sistémica del planeta Tierra (IV.3). En esta ocasión, el carácter interdependiente de los componentes que constituían el desarrollo socioeconómico humano ya se expresó claramente:

“El drama de la humanidad es que el ser humano puede darse cuenta de la problemática, pero, a pesar de sus considerables conocimientos y habilidades, no comprende los

---

<sup>127</sup> En la contraportada de *The Limits of Growth* del Club de Roma, al que aludiré a continuación, puede leerse una corta reseña del propio Ehrlich que muestra la vinculación la literatura escrita años anteriores y el propósito de transformar la realidad:

“Meadows y el equipo del MIT han prestado un gran servicio al construir un modelo preliminar del mundo en el que todos los supuestos y parámetros son explícitos y, por tanto, están abiertos a la crítica y la modificación. Los que se oponen a las características del modelo tienen el reto de ayudar a mejorarlo; los que no les gustan las características del sistema que simula podrían considerar la posibilidad de trabajar por cambios en el mundo real” (Meadows et al. 1972, p. 210).

orígenes, el significado y las interrelaciones de sus muchos componentes y, por tanto, es incapaz de idear respuestas eficaces. Este fracaso se debe en gran parte a que seguimos examinando elementos individuales de la problemática sin comprender que el conjunto es más que la suma de sus partes, que el cambio de un elemento supone un cambio en los demás” (Meadows et al. 1972, p. 11).

Los análisis promovidos dentro del Club de Roma se plasmaron en 1972, cuando poco antes de la crisis del petróleo se publicó el primer informe importante del grupo: *The Limits of Growth* (Meadows et al. 1972), el cual vendió millones de copias en muchos países generando controversias en los medios, a la vez que un fuerte empuje a los movimientos ecologistas surgidos desde la década de los 60 (IV.2.2). Este deseo por realizar un análisis científico de los efectos de la actividad humana, incluido el uso de recursos, es todavía hoy un rasgo que caracteriza el Club de Roma<sup>128</sup>. Y si bien el informe conllevaba una pluralidad de valores, contrastó fundamentalmente con el sistema de valores que preponderaba el continuo crecimiento material y el afán por expandirse económicamente de forma ilimitada, haciendo constar una idea tan lógica como la afirmación de que en un medio finito nada puede crecer de forma indefinida. La conclusión del informe fue clara: “si el actual incremento de la población mundial, la industrialización, la contaminación, la producción de alimentos y la explotación de los recursos naturales se mantiene sin variación, alcanzará los límites absolutos de crecimiento en la Tierra durante los próximos cien años” (*Ibid.*, p. 192). Para dar cuenta de ello, utilizaron las técnicas más avanzadas del momento en análisis de dinámica de sistemas, generando una serie de gráficos con los que representaron la evolución e interacción entre las diversas variables desde primeros del siglo XX, como la producción agrícola e industrial, la contaminación o la población mundial (Ilustración 9). Dichos gráficos fueron basados en fórmulas que relacionaron las diferentes variables entre sí —las producciones agrícolas con la contaminación, las producciones industriales con las reservas de recursos naturales, la población con las producciones agrícolas, la contaminación con las producciones industriales, etc.— comprobando que dichas formulaciones reflejaban fielmente los datos empíricos que conocían y proyectando a futuro los valores de las variables gracias a la capacidad de cálculo y simulación de los ordenadores del momento<sup>129</sup>.

La conclusión final del informe del Club de Roma resultó ser notablemente negativa, considerando que las consecuencias de la disminución de recursos naturales llevarían a una profunda crisis industrial y agrícola en torno al año 2000. Según sus análisis, la población alcanzaría un máximo histórico durante el siglo XXI, el cual disminuiría drásticamente hacia el año 2100, cuando se alcanzaría un “estado de equilibrio” con unos niveles de población en descenso y unas cotas de producción *per cápita* significativamente inferiores a las acontecidas a principios del siglo XX (Meadows et al. 1972). Sus resultados parece que estuvieron cargados de una axiología con la que trataron de “representar las relaciones del mundo real de forma matemática y pictórica”, guiándose por valores como la “simplicidad visual” y la “facilidad de entendimiento” (p. 97). Sin embargo, cabe señalar que los gráficos que ilustraron el sistema

---

<sup>128</sup> Hoy en día, el Club de Roma sigue estando a la vanguardia de problemas mundiales controvertidos y desafiantes. El Club “se mantiene fiel a su intención histórica, mientras intenta sentar las bases para cambios sistémicos a largo plazo en los sistemas sociales, ambientales y económicos globales” (*The Club of Rome 2021*, p. 1). En resumen: es un grupo de expertos internacional establecido, respetado y bien posicionado para enfrentar los desafíos centrales del siglo XXI.

<sup>129</sup> En concreto, los resultados del informe se obtuvieron a través del *World3*, un programa de simulación computacional creado por Jay Forrester en el MIT, derivación de sus predecesores *World1* y *World2*, y cuyo diseño quedó recogido en el libro *Dynamics of Growth in a Finite World* (1974).

mundial usaron datos cuantitativos un tanto vagos, con escala de tiempos cambiantes, admitiendo que los valores numéricos eran “solo aproximadamente conocidos” (p. 72). Parece, de este modo, que el valor de la “correlacionabilidad” entre variables preponderó sobre el valor de la “exactitud”, entendida ésta como el ajuste de los datos utilizados con las observaciones empíricas. Como señala Garforth (2019), “es bien sabido que los modelos de Forrester ponían en primer plano ciertos tipos de relaciones dinámicas, en particular, la lógica del crecimiento exponencial y los bucles de retroalimentación retardada” (pp. 244-245). La centralidad axiológica de la retroalimentación y la amplificación en la dinámica de los sistemas y la cibernética implicó, de hecho, que los modelos casi siempre proyectaran cambios repentinos y catastróficos, enfatizando el crecimiento exponencial en lugar de las trayectorias graduales o lineales. Otro tanto muestra Blanchard (2010), quien afirma que la continuidad del sistema no podía darse por sentada y que el modelo se diseñó desde el principio para proyectar una inminente “emergencia global”. En otras palabras: los modelos de sistemas mundiales se diseñaron con preponderancia de valores políticos y ecológicos de intervención para tratar la crisis medioambiental, en lugar estimar la predicción en sí misma (Blanchard 2010, Garforth 2019). No en vano el Club de Roma esperaba que la presencia de escenarios catastróficos en los modelos respaldara los argumentos racionales en favor de “un plan de transición hacia un futuro sostenible y un estado de equilibrio” (Meadows et al. 1972).

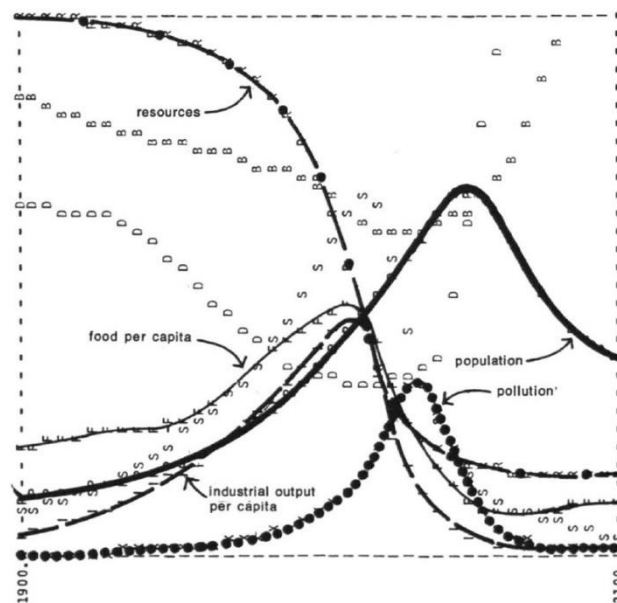


Ilustración 9. Ejecución del “modelo mundial estándar”, en el que no se asumieron variaciones pronunciadas en las interrelaciones económicas, físicas o sociales que tradicionalmente habían predominado en el “sistema mundial”. Todas estas variables quedaron representadas en el gráfico siguiendo los valores conocidos entre los años 1900 y 1970. La producción industrial, el número de alimentos y la cantidad de población crecían de forma exponencial hasta que un decrecimiento rápido de recursos instaba a interrumpir el crecimiento industrial. A causa del retraso natural del sistema, tanto la contaminación como la población seguían incrementándose durante cierto lapso temporal pasado el pico de industrialización. El aumento de la población se detenía al final debido a un incremento del ritmo de muertes ocasionadas, fruto de la disminución de los servicios sanitarios y del alimento (Meadows et al. 1972, p. 124).



La idea de los límites planetarios —ciertamente evocadora de la teoría de Malthus<sup>130</sup>— que resuena introdujo nuevos valores ecológicos en las matrices colectivas de muchos sectores de las sociedades occidentales, desestabilizando los supuestos y valores predominantes y haciendo que los acuerdos sociales y políticos existentes empezaran a parecer contingentes y abiertos al cambio. Siguiendo a Garforth (2019), este tipo de ideas —anticipadas en escritos como *Silent Spring*— parece que jugaron un rol transmutativo de la axiología normalizada de la postguerra a través de la desfamiliarización e incluso la imaginación especulativa, que hicieron tomar consciencia de las percepciones cotidianas e hicieron que el futuro progresista basado en un crecimiento económico garante de bienestar pareciera extraño. Una alternativa ecológicamente sostenible se hizo pensable, y por tanto estimable. Un elemento clave de ese cambio axiológico fue, por ejemplo, la metáfora de la “nave espacial Tierra” [*Spaceship Earth*] que había surgido en el discurso medioambiental durante la década de 1960<sup>131</sup>. Como muestra Sabine Höhler (2015) en su libro *Spaceship Earth in the Environmental Age, 1960-1990*, la “nave Tierra” —nuestro planeta singular, cognoscible y limitado en medio de la inmensidad— fue el emblema de una época en la que se sopesaban los sueños de los vuelos espaciales y las preocupaciones sobre el futuro, al tiempo que se afrontaban las tensiones de la Guerra Fría, la creciente conciencia de la interdependencia mundial y las consecuencias de la ciencia y la tecnología. Siguiendo a Höhler, estos fueron los cambios axiológicos que provocó la metáfora: la Tierra pasó a valorarse como un sistema de soporte vital con recursos finitos y propensa a la superpoblación humana, a menos que se hiciera algo para detener dicha tendencia o que eventualmente nos expandamos a otros planetas.

#### IV.2.4. Exploración espacial y las imágenes globales de la Tierra [1966-1972]

La nueva valoración de la Tierra en el imaginario colectivo devino impulsada notablemente, por otra parte, por las primeras imágenes del planeta realizadas desde el espacio. La primera de ellas había sido tomada en 1966 a través de un vehículo espacial no tripulado de la NASA ([Ilustración 10](#)), aunque el impacto social devino más profuso en 1968, cuando los astronautas Frank Borman, Bill Anders y Jim Lovell entraron en órbita lunar el 24 de diciembre y realizaron una transmisión en vivo, mostrando imágenes de la Tierra y la Luna vistas desde la nave espacial y leyendo el libro de Génesis ([Poole 2008](#), [Spier 2019](#)). La nave espacial *Apollo 8* condujo la primera misión tripulada en orbitar la Luna, y se hizo especialmente famosa por capturar una fotografía icónica conocida como “Earthrise” ([Ilustración 11](#)), que fue tomada por Anders mientras la nave espacial estaba en proceso de rotación. Los astronautas se vieron muy afectados por lo que vieron, como lo atestigua la grabación de voz mientras tomaban esas fotos y sus testimonios posteriores ([Poole 2008](#), [Spier 2019](#)). En el documental “Earthrise: The Story of the Photo that Changed the World”,

---

<sup>130</sup> Aunque en su texto no se menciona explícitamente a Thomas Robert Malthus, salvo de forma indirecta en una cita a otro autor ([Meadows et al. 1972](#), p. 130), las ideas del informe resuenan fuertemente con la teoría poblacional, sociopolítica y económica que propuso el erudito británico en 1798. Algunos autores como Mauricio Schijet (1999) han identificado el informe como uno de los trabajos más importantes del neo-malthusianismo surgido a finales del siglo XIX y expandido a mediados del siglo XX. A diferencia de la teoría original —que refirió a un exceso de población que causaría problemas al orden social y sus élites—, este movimiento defendía que la sobrepoblación podía suponer una reducción de la calidad de vida, sobre todo de personas pobres.

<sup>131</sup> La metáfora de la “nave Tierra” data originalmente del siglo XIX, pero cobró importancia en el discurso popular cuando fue utilizada por Kenneth Boulding en 1966 y Buckminster Fuller en 1968, y luego se convirtió en un icono del ecologismo tras su uso por el secretario general de las Naciones Unidas en el Día de la Tierra de 1971 (véase [Höhler 2015](#)).



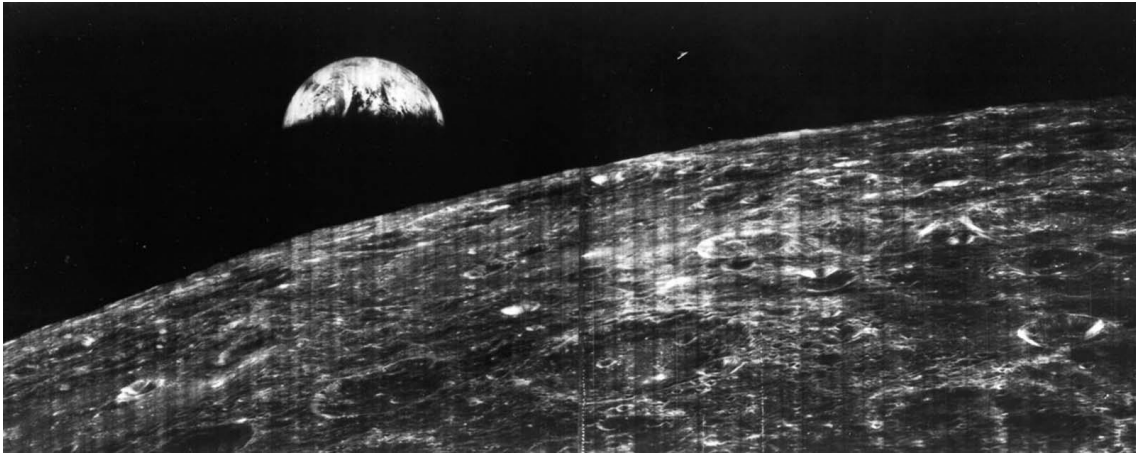
producido por *National Geographic* en 2018, los que fueron protagonistas de la misión muestran cómo, efectivamente, las emociones y sentimientos asociados a la imagen fomentaron una valoración nueva de la Tierra:

“Cuando nos pusimos en órbita y se inyectó energía hacia la Luna no se pensó en absoluto en el aspecto que tendría la Tierra. Cero. Sólo cuando nos separamos del propulsor y pudimos darnos la vuelta, recuperar el aliento y flotar en la ventana, me dije a mí mismo: ‘Vaya, mira eso’, y ni Frank ni Jim habían visto nunca nada parecido. [...] Creo que los tres tuvimos una reacción emocional al ver la Tierra. [...] Una de las emociones más abrumadoras que nos llevamos es el hecho de que todos existimos en un pequeño globo terráqueo y que, cuando te alejas 240.000 millas, no es una Tierra muy grande” (Bill Anders, citado en [National Geographic 2018](#))

“Sólo cuando te adentras en el espacio más profundo experimentas la inmersión total en los cielos. La Tierra era la única cosa en todo el universo, en todo este vacío negro como la tinta. La Tierra estaba allí con un hermoso tono azul. Parecía una canica azul, un ángel azul. [...] Hemos pasado todas estas revoluciones mirando a la Luna y al llegar a este lugar tan poco atractivo miramos hacia arriba y ahí estaba la Tierra. Estaba a 240.000 millas de distancia, era tan pequeña que podías cubrirla con la uña del pulgar y todo lo que teníamos allí: nuestras familias, nuestro país... todo lo que tenías estaba allí, en ese planeta azul. Era una sensación de asombro de cómo esa pequeña bola podía existir en ese vasto universo de nada. [...] Ciertamente ha ampliado un sentimiento, un sentimiento básico, que he tenido durante muchos años sobre la Tierra. Creo que empezó cuando Jim y yo volamos en Géminis y te das cuenta de que estos límites que tenemos son realmente artificiales” (Frank Borman, citado en [National Geographic 2018](#))

Poole (2008) recuerda que muchos de los astronautas recibieron entrenamiento militar durante la era de la amenaza nuclear: “Los astronautas que contemplaron toda la Tierra tenían más razones que la mayoría para comprender la fragilidad de lo que estaban viendo” (p. 10), y por tanto “la transformación de algunos en apóstoles de la unidad de la humanidad era totalmente comprensible” (*Ibid.*). En este sentido, en el documental cuenta Bill Anders que cuando orbitaba con sus compañeros alrededor de la luna y vio la Tierra “se dio cuenta de repente de lo insignificantes que somos todos” y pensó “que a todo el mundo le gustaría tener esa vista como nosotros para ver la Tierra como realmente es” ([National Geographic 2018](#)). Según el astronauta estadounidense, la imagen fue todo un símbolo:

“Cuando la gente tuvo tiempo de contemplar todo eso y asimilarlo, eso es lo que realmente hizo que la imagen *Earthrise* fuera considerada como una imagen tan valiosa para el siglo XX. Fue una imagen muy aleccionadora ver esta pequeña y hermosa canica azul en medio de esa oscuridad, y te das cuenta de lo solos que estamos realmente en este maravilloso mundo. Creo que dio esperanza a mucha gente y trascendió las fronteras nacionales, aunque por supuesto, las cosas volvieron a la normalidad rápidamente, pero al menos por un instante en la historia creo que la gente se vio como ciudadanos de la Tierra” (Bill Anders, citado en [National Geographic 2018](#)).



*Ilustración 12. Versión original recibida por la NASA de la primera fotografía de la Tierra, tomada por el Lunar Orbiter I, un vehículo espacial no tripulado a 380.000 km desde la órbita lunar, el 23 de agosto de 1966 a las 16:35 GMT (Fuente: NASA).*



*Ilustración 13. "Earthrise", tomada por Bill Anders alrededor de las 15:40 GMT del 24 de diciembre de 1968 (Fuente: NASA).*

En la línea de las afirmaciones de Anders, Spier subraya que, efectivamente, la influencia de estas imágenes, así como las palabras poéticas que circularon con ella en 1969, parece que desvaneció enseguida entre el público general —refiriéndose particularmente a la población norteamericana y europea. En los círculos académicos estadounidenses, por el contrario, estas opiniones a menudo siguieron estando muy presentes<sup>132</sup> (Spier 2019). Después de que la NASA distribuyera las imágenes en color del *Apollo 8*, sobre todo la foto de la *Earthrise*, muchos académicos comenzaron a reconsiderar la posición del ser humano en el espacio, ahora como cohabitantes de un pequeño planeta compartido y hermoso, pero vulnerable, con recursos naturales limitados y moviéndose a través de un universo inhóspito, oscuro y en su mayoría vacío (*Ibid.*). El historiador neerlandés, considerado padre de la *Big History* como campo académico<sup>133</sup>, cuenta así lo que incitaron las imágenes del *Apollo 8* en la forma de estimar y comprender la Tierra:

“Estas imágenes me mostraron por primera vez cuán diferente era la Tierra de su entorno cósmico. También hizo que otras personas de todo el mundo se preguntaran qué le estábamos haciendo a nuestro hogar en el espacio. Esto condujo a un aumento sin precedentes de la conciencia ambiental. [...] Hasta ese momento, las representaciones comunes de la Tierra habían sido principalmente de naturaleza geográfica. Ahora, de repente, la gente vio la Tierra con sus propios ojos como una pequeña bola colorida que se balanceaba en el espacio. Como resultado de tales fotos, se produjo un cambio importante en la percepción de la Tierra en ese momento, que parece similar al que sucedió después de que los europeos comenzaran a conectar el mundo mediante viajes transoceánicos. Esos eventos llevaron, entre otras cosas, a unos primeros mapas del mundo razonablemente precisos. De manera similar, después de la aparición de fotos de la Tierra a distancia, muchos de nosotros comenzamos a cartografiar nuestro planeta, nuestro entorno cósmico y a nosotros mismos nuevamente” (Spier 2019, p. 128).

Por supuesto, esta concienciación planetaria no sólo se nutrió de las fotografías proporcionadas por la NASA, sino que dependió también de un imaginario de ciencia ficción, como muestran Killingsworth y Palmer (2012 [1991]), que hizo posible la capacidad de valorar la Tierra como un objeto transformado tecnológicamente y en relación con escalas de tiempo ajenas a la experiencia cotidiana<sup>134</sup>. En el mismo año de la publicación del informe *Limits to Growth*, además, se produjo otra imagen icónica: “La canica azul” [*The Blue Marble*] tomada por la tripulación de la nave espacial *Apollo 17*, el 7 de diciembre de 1972 (Ilustración 12). Esta nueva fotografía, en

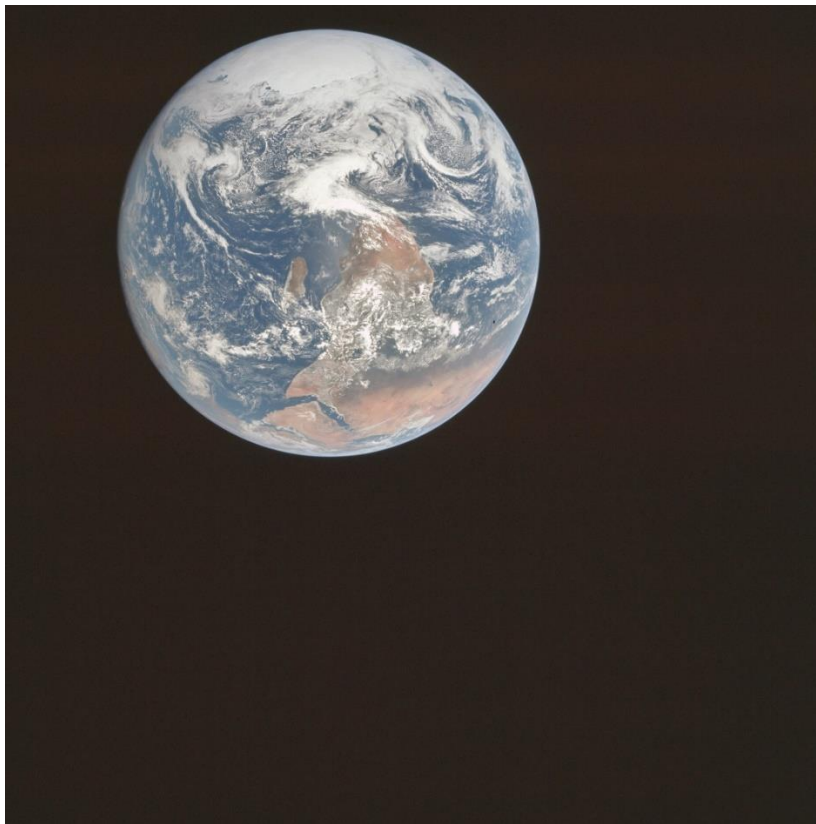
---

<sup>132</sup> Cabe señalar que las nuevas concepciones figurativas de la Tierra también fueron señaladas por astronautas no estadounidenses. Poole (2008) cita a Sultán bin Salmán Al Saúd, el primer astronauta árabe y musulmán en viajar al espacio, quien relataba así su experiencia: “El primer o segundo día todos señalábamos nuestros países. Al tercer o cuarto día señalábamos nuestros continentes. Al quinto día sólo conocíamos una Tierra” (p. 138).

<sup>133</sup> La Gran Historia [*Big History*] es una disciplina académica bastante reciente que se dedica a comprender de forma integral “la historia del cosmos, la Tierra, la vida y la humanidad” (Spier 2019, p. 130). El proyecto fue inicialmente incentivado por Bill Gates y el historiador David Christian, aunque Spier, en gran parte inspirado por la imagen de la *Earthrise* en su juventud, ha liderado su instauración en la academia.

<sup>134</sup> Por ejemplo, la imagen visual de la nave espacial que enmarcaba el discurso de la crisis medioambiental a finales de los años 60 y principios de los 70 parecía entonces científica, pero esta imagen derivaba tanto del programa de televisión *Star Trek* y de la novela *Solaris* como de las misiones *Apollo 8* o *11*. Las primeras tres temporadas de *Star Trek* fueron producidas por la NBC entre 1966 y 1969, mientras que la novela *Solaris* de Stanisław Lem se publicó en 1961 en Varsovia.

la que se veía por primera vez la Tierra completa, agudizó el enfoque de la investigación sobre el planeta en su conjunto y puso de relieve su vulnerabilidad ante el público en general (Poole 2008). La idea de la fotografía había sido concebida por Stewart Brand durante un viaje con LSD cuando al ver una “ilusión psicodélica” de la curvatura de la Tierra lo convenció de que una imagen de todo el planeta cambiaría la forma en que los humanos se relacionarían con él<sup>135</sup>. Como explica Poole (2008), la imagen sirvió de base para un cambio generalizado hacia una visión menos explotadora de la Tierra, realzando el movimiento ecologista e impulsando un nuevo entendimiento entre científicos a la hora de concebir la Tierra como un único sistema, idea que se plasmó en la *hipótesis de Gaia* de James Lovelock y Lynn Margulis.



*Ilustración 14. La “Canica azul” [The Blue Marble], fotografía original de la Tierra tomada por la tripulación del Apolo 17 el 7 de diciembre de 1972, a una distancia aproximada de 29.000 km de la superficie terrestre (Fuente: NASA)*

---

<sup>135</sup> Stewart Brand es un escritor estadounidense nacido en 1938, muy conocido por ser editor de *Whole Earth Catalog*, una revista de la contracultura publicada sobre todo entre 1968 y 1972, aunque algunos números se publicaron hasta 1998 (Brown 2001). Después de hacer una campaña para que la NASA publicara una imagen de la Tierra vista desde el espacio, repartiendo pines que llegaron a empleados de la NASA donde se preguntaba: “¿Por qué no hemos visto todavía una fotografía de la Tierra?”, en 1968 el astronauta de la NASA Bill Anders tomó una foto de la Tierra —la *Earthrise*— que se convirtió en la imagen frontal de la edición primaveral de *Whole Earth Catalog* en 1969. Durante una entrevista acontecida en 2003, Brand mencionó que la imagen “daba la sensación de que la Tierra es una isla, rodeada de una gran cantidad de espacio inhóspito. Y es tan gráfica, como una pequeña joya azul, blanca, verde y marrón en medio un vacío negro bastante monótono” (Brown 2001).

#### IV.2.5. La hipótesis de Gaia [1972-1979]

La metodología computacional de la dinámica de sistemas desarrollada por Jay. W Forrester en el MIT durante los 50, clave para la concepción del “ecosistema global” presente en el informe *Limits to Growth* (Meadows et al. 1972), había aportado a las ciencias de la Tierra conceptos útiles a la hora de pensar en la Tierra como una entidad comportada como un *sistema complejo*, y no como un mero conjunto de procesos de causa y efecto (Hamilton 2016). Este entendimiento no se reducía a la asunción de que las relaciones entre variables eran complicadas o enrevesadas. Implicaba la consideración del sistema como algo más que la suma de sus componentes, en tanto que poseía algunas propiedades no visibles por el observador y que difícilmente podían ser representadas con modelos matemáticos. Entre ellas se encontraban la no linealidad —de modo que un pequeño cambio en un lugar podía provocar un cambio muy grande en otro—, los bucles de retroalimentación —que amortiguaban o amplificaban un cambio que conducía a la estabilidad del sistema o a un cambio desbocado— la autoorganización —de modo que el sistema creaba espontáneamente un orden a partir del caos— y, lo más desconcertante: las propiedades emergentes, es decir, las propiedades que pertenecían al sistema pero que no se encontraban en ningún elemento individual del mismo, de modo que podía surgir algo nuevo sin causa aparente.

Fue en este flujo de ideas emergentes cuando el científico de la NASA James Lovelock introdujo, junto a la bióloga estadounidense Lynn Margulis<sup>136</sup>, un giro científico en el enfoque biocéntrico del ecologismo emergido en los años 60 (IV.2.2) cuando desarrolló su *hipótesis de Gaia* durante la década de 1970. La NASA había pedido a Lovelock que investigara formas de detectar vida en otros planetas, y decidió hacerlo observando la composición química de sus atmósferas (Ruse 2013). Fue una tarde de septiembre de 1965, en California, cuando se dio cuenta de que su enfoque mostraba que la atmósfera de la Tierra estaba tan afectada químicamente por la vida que podría considerarse como una extensión de ésta. En sus palabras:

“Como dijeron Pasteur y otros, ‘la suerte favorece a las mentes preparadas’. Mi mente estaba bien preparada emocional y científicamente, y me di cuenta de que, de alguna manera, la vida regulaba tanto el clima como la química. De repente, surgió en mi mente la imagen de la Tierra como un organismo vivo capaz de regular su temperatura y su química en un estado estable y confortable. En esos momentos, no hay tiempo para sutilezas como el decir ‘por supuesto que no está viva, simplemente se comporta como si estuviera’” (Lovelock 2000, p. 253-254).

La idea de que los organismos vivos actuaban sobre su entorno, y viceversa, se había aceptado durante mucho tiempo, al igual que la idea de que el entorno planetario estaba profundamente alterado por la vida (Huq & Paul 2012). En 1970, la opinión predominante era que la vida, por ejemplo, podía responder a fuerzas inertes —como erupciones volcánicas, sequías o tormentas— e incluso a la deriva de los continentes, transformándose a sí misma y al entorno que la rodea. Sin embargo, Lovelock y Margulis dieron un paso más al sugerir que la Tierra podía considerarse un único sistema vivo y que la vida regulaba inconscientemente el entorno planetario para perpetuar

---

<sup>136</sup> Al parecer, se conocieron en una reunión en 1968, pero no fue hasta 1970 cuando iniciaron una correspondencia seria sobre el tema. Se reunieron y empezaron a colaborar en algún momento a finales de 1971 (Ruse 2013).



su supervivencia. Querían convencer a la comunidad científica de que el conjunto de los organismos vivos de la Tierra podía manipular el medio ambiente de forma activa y efectiva, generando relaciones homeostáticas y un lugar óptimo para el desarrollo de la vida:

“la hipótesis de Gaia dice que la temperatura, el estado de oxidación, la acidez y ciertos aspectos de las rocas y las aguas se mantienen constantes y que esta homeostasis se mantiene mediante procesos de retroalimentación activos operados automáticamente e inconscientemente por la biota” (Lovelock & Margulis 1974, p. 5).

La hipótesis combinaba una ciencia holística a escala global del medio ambiente —en la que la biosfera, la atmósfera, los océanos y la vida formarían un sistema vivo— con una visión mitológica de Gaia, la diosa griega de la Tierra. Al principio, Lovelock no consiguió que sus ideas se publicaran en las revistas académicas, pero persistieron y con el tiempo encontraron nuevas audiencias a medida que emergieron los retos medioambientales globales, como el cambio climático (IV.2.6). La hipótesis de Gaia generó múltiples conflictos de valores entre los científicos e incluso entre algunos ecologistas (Kirchner 1989), en tanto que favorecía a las industrias que apoyaban la hipótesis al contar con que los efectos de la contaminación podían corregirse de forma natural (Ruse 2013). Sin embargo, en términos generales fue valorada ante todo por los ecologistas espirituales que deseaban satisfacer su propia axiología, basada en una conexión con la naturaleza (*Ibid.*) y atribuyendo a Gaia un significado místico como una entidad viva y consciente.

Los avances científicos hasta 1980 —desde la investigación pionera de Vernadsky, pasando por campañas como la del Año Geofísico Internacional y la emergente conciencia medioambiental de los años 70— condujeron a una nueva comprensión de la Tierra. Particularmente, la hipótesis de Gaia puso en valor la gran influencia de la biota en el medio ambiente global y la importancia de la interconexión y las retroalimentaciones que vinculaban a los principales componentes del Sistema Tierra, desafiando una concepción puramente geofísica del planeta y transformando la visión del medioambiente y la naturaleza (Warde et al. 2018, Latour 2017). El panorama axiológico estaba ahora mejor dispuesto a la introducción de una nueva ciencia, una ciencia del Sistema Tierra más formal y bien organizada.

#### **IV.2.6. La concienciación del cambio climático antropogénico [1963-1985]**

De todas las ideas que emergieron durante el siglo XX, la creencia de que el ser humano puede influir significativamente en el clima de todo el planeta fue una de las más relevantes y disruptivas (Weart 2010, Winsberg 2018). Algunos científicos ya habían especulado desde principios de siglo con la importancia futura del impacto humano en el “clima global”<sup>137</sup>. Ya a finales de siglo, la

---

<sup>137</sup> Con anterioridad, en el siglo XIX la noción de “clima” solía apelar a la “condición de una región o de un país” en relación con características medias del tiempo meteorológico a largo plazo, como la sequedad o la temperatura. En consonancia con esta definición, el clima solía concebirse entonces como una algo estático y local. Ya desde el mundo antiguo, por otra parte, las personas se preguntaban si sus actividades —como la tala de árboles— podrían tener un impacto en el clima local de una región, y además el descubrimiento de las edades de hielo había evidenciado el potencial cambio del clima a escala global. Pero ni las especulaciones sobre los cambios regionales graduales, ni las pruebas concretas de los grandes



mayoría de las sociedades de todo el mundo pensaban que era probable que la actividad humana ya estuviera provocando un cambio climático observable. Este pensamiento se centró sobre todo en el calentamiento global causado por la combustión de combustibles fósiles, aunque también se empezó a creer de forma más general que, de formas tanto inadvertidas como deliberadas, las personas estaban alterando gravemente no sólo sus propias circunstancias regionales, sino la vasta atmósfera planetaria en su conjunto (Brooten 2016).

La predicción numérica del tiempo para grandes regiones no se convirtió en una rutina hasta la década de 1960, aunque cabe señalar que la noción de un “clima global” —uno de los componentes del Sistema Tierra, como después se entenderá— no fue ampliamente aceptada por los científicos hasta después de la Segunda Guerra Mundial (Edwards 2010). Hasta los años 60, por tanto, apenas se había escrito sobre lo que podría significar en términos prácticos un futuro calentamiento global. Esta idea se enmarcaba, si no como una mera especulación, como un rompecabezas científico difícil de resolver y que necesitaba ser probada (Brooten 2016, Warde et al. 2018). Sin embargo, en 1963 se celebró una importante reunión convocada por la *Conservation Foundation*, de carácter privado, que comenzó a sugerir un enfoque diferente<sup>138</sup>. Los asistentes a la cita pasaron a encuadrar la cuestión del cambio climático global antropogénico como algo “potencialmente peligroso”, como un riesgo medioambiental para la vida, incluida la vida humana (Conservation Foundation 1963). El grupo apenas pudo identificar qué peligros podrían aguardar durante el próximo siglo, aunque observaron un impacto claro en lo relativo al aumento de las temperaturas, lo cual aumentaría el deshielo de muchos de los glaciares del mundo, y elevaría el nivel del mar inundando las zonas costeras:

“Se calcula que una duplicación del contenido de dióxido de carbono en la atmósfera produciría un aumento medio de la temperatura atmosférica de 8,8 grados Fahrenheit. Esto podría ser suficiente para provocar una inmensa inundación de las partes bajas de la superficie terrestre del mundo, como consecuencia del aumento del deshielo de los glaciares. Hasta ahora, el aumento de dióxido de carbono ha sido del orden del 10%, y los océanos ya están experimentando un cierto aumento de la temperatura” (p. i).

A partir de la investigación iniciada con el Año Geofísico Internacional, el grupo subrayó la quema de combustibles fósiles como una fuente a considerar a la hora de comprender el aumento neto percibido de CO<sub>2</sub> en la atmósfera:

“Los recientes análisis atmosféricos sistemáticos del CO<sub>2</sub> que se iniciaron durante el Año Geofísico Internacional muestran aumentos constantes cada año en todas las zonas de la Tierra. El ritmo actual de aumento es de una media de 0,7 ppm al año, es decir, un 0,2% aproximadamente. La combustión de combustibles fósiles al ritmo actual añade el

---

cambios en la Tierra, fueron suficientes para hablar de un cambio del clima global de origen humano (véase Weart 2010, pp. 68-71). Una revista de divulgación decía en 1961 que, dado que el tiempo era algo demasiado cambiante entre los trópicos y los polos, “la noción de un clima global tenía poco sentido” (Edwards 2010, pp. 67-69).

<sup>138</sup> “Conservación” [*Conservation*] era el término tradicional para denotar la perspectiva que estaba evolucionando hacia el “ecologismo”, centrado en el creciente reconocimiento de que las actividades humanas, como la contaminación por pesticidas y otros productos químicos, podían dañar ecosistemas vitales a gran escala (véase IV.2.2).

equivalente a 1,6 ppm de CO<sub>2</sub> a la atmósfera cada año y, por tanto, debe considerarse que contribuye al aumento neto. Sin embargo, puede haber otras grandes fuentes de CO<sub>2</sub> que no son tan fáciles de distinguir y que quedan enmascaradas por el aumento debido a la quema de combustibles fósiles” (p. 6).

Nótese que, en su discurso, se incorpora al “hombre” —o, a veces, la “humanidad” en su conjunto— como la causa de los cambios discrepantes en los funcionamientos habituales de los sistemas naturales. Desde el punto de vista axiológico, estas referencias conllevan valores implícitos, cosa a la que volveré en V.4.2:

“El sistema biogeoquímico de la superficie de la Tierra es, en general, muy estable y ha persistido con pocos cambios a lo largo de períodos geológicamente largos. Sin embargo, es poco probable que los mecanismos de amortiguación que han sido adecuados en el pasado sean capaces de compensar plenamente cambios de la magnitud de los que ahora efectúa el hombre” (p. 1)

“La biomasa terrestre debería aumentar su tamaño debido al aumento de la temperatura y del CO<sub>2</sub> atmosférico. Sin embargo, es más probable que esté disminuyendo debido a las actividades del hombre” (p. 8).

Ante ello, se introduce nuevamente el interés —e incluso obligación— por prever el futuro, con el objetivo de anticiparse a posibles riesgos y planificar una agenda prescriptiva:

“Lo más alarmante del aumento del CO<sub>2</sub> es lo poco que se sabe en realidad. [...] Deberíamos saber lo que está ocurriendo en el medio ambiente físico tanto por la actividad del hombre como por causas naturales. Se han tenido muy poco en cuenta las consecuencias biológicas de la manipulación del medio ambiente por parte del hombre o los cambios biológicos derivados del cambio climático” (p. 10).

“Es necesario un organismo de control. Los efectos del aumento continuado del CO<sub>2</sub> atmosférico, aunque no sean ahora alarmantes, pueden llegar a serlo si el aumento continúa [...]. También hay un desconocimiento de la biota terrestre. No se conoce la importancia cuantitativa de las actividades del hombre sobre su tamaño” (p. 11)

“El aumento potencialmente peligroso del CO<sub>2</sub>, debido a la quema de combustibles fósiles, es sólo un ejemplo de la falta de consideración de las consecuencias de la industrialización y del desarrollo económico. A la humanidad no le sirve cualquier técnica que le reporte beneficios a corto plazo pero peligros a largo plazo. El sobredesarrollo y la superpoblación concomitante en muchas zonas del mundo han hecho que el problema no sea el de aumentar la productividad, sino el de evitar que siga disminuyendo. [...] La

capacidad del hombre para cambiar el medio ambiente ha aumentado mucho en los últimos sesenta años y es probable que siga aumentando durante algún tiempo. Incluso ahora es casi imposible predecir todas las consecuencias de las actividades del hombre. Sin embargo, es posible predecir que habrá problemas sin concretarlos. Es muy importante alertar a más personas, a más científicos y a más estudiosos de las ciencias sociales, así como de las ciencias pragmáticas, sobre la necesidad de planificar y de darse cuenta de que existe la obligación de prever el futuro, así como el presente” (p. 15).

La consideración por parte de los científicos acerca de los impactos del cambio climático se extendió notablemente, llamando la atención del comité de asesoramiento científico del presidente de EE. UU. (Weart 2010). En 1965, este grupo de científicos informaron de que alrededor del año 2000 el aumento del nivel de CO<sub>2</sub> produciría cambios climáticos que, concretamente, “podrían ser perjudiciales desde el punto de vista del ser humano” (p. 72). Otro tanto ocurriría con el estudio “Impacto del hombre en el medio ambiente mundial”, realizado por el Instituto Tecnológico de Massachusetts en 1970 (Brooten 2016). Este informe sugirió que el calentamiento debido al efecto invernadero llegaría a provocar sequías generalizadas, cambios en el nivel de los océanos, etc. (*Ibid.*). Algo similar ocurrió en una reunión celebrada en Estocolmo al año siguiente, en la que se añadió que el ser humano podría pasar un “punto de no retorno” si desapareciera la capa de hielo del océano Ártico (Warde et al. 2018).

Sin embargo, por el momento la mayoría de los climatólogos se aferraron a la creencia de que el clima estaba dominado por procesos naturales graduales, y lo que realmente les interesó fue el ciclo natural de las eras de hielo, cosa que se determinó a mediados de la década de 1970 (Weart 2010). Fueron pocos los científicos que publicaron artículos durante esa década en revistas académicas acerca de un posible cambio climático acelerado por la actividad del ser humano (*Ibid.*). La mayoría de los expertos confesaron que se trataban más bien de conjeturas y que se necesitarían décadas de esfuerzo para obtener una respuesta fiable. Ello no impidió, siguiendo a Weart, que hubiera consenso en un punto: en un artículo del *Reader's Digest* de 1977 se mencionó que, independientemente de que hubiera algún científico que afirmara la posibilidad de un calentamiento global antropogénico, “todos los científicos estaban de acuerdo en que un nuevo factor ha entrado en el juego del cambio climático, un ‘comodín’ que nunca antes había existido: el propio hombre” (p. 73).

El progreso hacia un consenso en torno al origen antropogénico del cambio climático dependió en buena medida, por supuesto, de las capacidades de modelización digital de la circulación general de la atmósfera (Winsberg 2018). Estos medios avanzaron a un gran ritmo, gracias a las mejoras significativas de los ordenadores y al trabajo de cada vez más grupos de modelización en Europa y EE. UU. (Heymann & Dahan Dalmedico 2019). Concretamente, a mediados de la década de 1960, un equipo de Princeton dirigido por Syukuro Manabe comenzó a producir modelos moderadamente plausibles del clima global, enfrentándose a las antiguas dudas sobre la nubosidad al incorporar la humedad de una manera físicamente plausible<sup>139</sup>. Esta investigación empezó a cobrar importancia a principios de la década de 1970, cuando una serie de catástrofes meteorológicas, la “crisis energética” provocada por el petróleo y el auge del ecologismo como

---

<sup>139</sup> A Manabe se le ocurrió comprobar cómo respondería el modelo a una duplicación del nivel de CO<sub>2</sub>. Estimó que, aproximadamente, la temperatura global aumentaría unos 2 °C. Era la primera vez que un cálculo de calentamiento por efecto invernadero incluía suficientes factores esenciales como para parecer razonable a muchos expertos (Heymann & Dahan Dalmedico 2019).

movimiento de masas (IV.2.2) situaron al calentamiento global en la agenda política (International Science Council 2022). Así como muchos promotores de reactores nucleares aludían —con el objetivo de vender su tecnología— al riesgo de las emisiones de gases de efecto invernadero, otras empresas dependientes de los combustibles fósiles —como la industria del carbón— consideraran una amenaza a sus intereses el discurso del calentamiento global (Weart 2010, Brooten 2016). Las emisiones de CO<sub>2</sub> se convirtieron en una de las cuestiones secundarias que se planteaban ocasionalmente en los debates, cada vez más apasionados, sobre la elección de las tecnologías energéticas. Así, algunos empezaron a conjugar el cambio climático global antropogénico con valores políticos y económicos, dignos de la atención de empresas y políticos (*Ibid.*).

Por otra parte, tras los logros cosechados por el *Año Geofísico Internacional* (IGY) entre 1957 y 1958, y el consecuente impulso ulterior del *Programa de Investigación Atmosférica Global* (GARP) en 1967 (IV.2.1), en la década de los 70 se produjeron una serie de experimentos clave para el desarrollo del conocimiento científico acerca del clima (International Science Council 2022). En particular, en 1974 se produjo el Experimento Tropical del GARP en el Atlántico, con el que se conoció mejor cómo se organizan los sistemas meteorológicos tropicales y sus relaciones con la circulación general de la atmósfera tropical, las variaciones de temperatura en la superficie y otras propiedades del océano (*Ibid.*). Poco más tarde, el experimento llevó a realizar otro en 1979: el “Experimento Meteorológico Mundial”, en el que participaron más de 140 países y se sentaron las bases para el rediseño de la “Vigilancia Meteorológica Mundial” de la OMM. El programa GARP, así como este tipo de iniciativas, llevaron a un importante impulso de la agenda de la ciencia del clima durante esta década, impulsando así la primera *Conferencia Mundial sobre el Clima* en 1979. La participación fue por invitación, en su mayoría científicos y algunos funcionarios gubernamentales, donde los organizadores distribuyeron una serie de documentos para revisar el estado de la ciencia del clima (Winsberg 2018). Después de discutirlos con más de 300 expertos de más de 50 países, y tras evaluar las pruebas científicas disponibles, se confirmó la relevancia a largo plazo del nivel de CO<sub>2</sub> atmosférico en el clima global, lo que los llevó a sugerir a los representantes de los gobiernos de la OMM y a la dirección científica del ICSU la generación de un programa específico en torno al clima (International Science Council 2022). Fue así como apareció un año después el *Programa Mundial sobre el Clima* (WCP) y su vertiente de investigación: el *Programa Mundial de Investigación sobre el Clima* (WCRP), que fue sucesor del GARP e influiría en el proceso de constitución del Sistema Tierra como objeto epistémico (IV.3).

A principios de la década de 1980, las principales ideas sobre el cambio climático antropogénico pasaron plenamente al ámbito público, originalmente impulsadas por unos pocos científicos (Weart 2010, Brooten 2016). La cuestión del calentamiento global había cobrado la suficiente importancia como para ser incluida en algunas encuestas de opinión pública<sup>140</sup>. Pocos entendían la relación del calentamiento global con los combustibles fósiles, y mucho menos con otras fuentes de gases de efecto invernadero. Y entre los muchos problemas del mundo, el cambio climático aún no figuraba en primer plano. Sin embargo, entre los científicos del clima, la preocupación seguía creciendo, especialmente con la publicación de resultados cada vez más convincentes a través de unos modelos informáticos aumentando en sofisticación. Estos modelos

---

<sup>140</sup> Una encuesta llevada a cabo en 1981, por ejemplo, mostró que al menos una tercera parte de la población estadounidense afirmaba tener conocimiento sobre el efecto invernadero provocado por la emisión de ciertos gases. Muchos de los encuestados, no obstante, nunca habrían tenido iniciativa a la hora de hablar de la cuestión (véase Weart, 2010, p. 75).

estaban satisfaciendo cada vez mejor valores técnicos claves en sus reproducciones de los climas pasados y presentes, por lo que parecía cada vez más plausible la satisfacción de valores epistémicos en las proyecciones de posibles cambios futuros y, por tanto, que fueran tomadas en serio (*Ibid.*).

También son conocidas las fuerzas que trabajaron en pos de valores económicos y políticos que se contraponían con escepticismo en la mente del público. Aquellas compañías temerosas de una normativa pública respecto al control de sus emisiones hallaron aliados entre los políticos de tendencia más conservadora, quienes entendían toda denuncia de riesgos ecológicos como simple propaganda de izquierdas. Durante los años 80, se polarizó el debate social en torno al cambio climático en función de las diferentes axiologías políticas. El conflicto de valores fue más fuerte en Estados Unidos que en Europa Occidental y Japón, donde los ecologistas impulsaban valores ecológicos en las corrientes políticas y los agentes industriales luchaban con menos fiereza contra la regulación (Weart 2010, Brooten 2016). La división política se incrementó en 1983, por otra parte, debido a los nuevos peligros para el clima mundial que anunciaron varios científicos atmosféricos de renombre. Estos alertaron sobre la posibilidad de que se ensombreciera la atmósfera a causa de la humareda de las urbes ardiendo durante una guerra nuclear, desencadenando un prolongado “invierno nuclear” capaz de comprometer la existencia de todo el género humano (Rubinson 2014). La coyuntura de un planeta devastado por una contienda nuclear sin duda era bien conocida dentro de la ciencia ficción desde hacía varios años (Garforth 2019), pero ahora los resultados científicos arrojaban motivos más realistas para la preocupación. A pesar de que un eventual “otoño nuclear” fuera un fenómeno más plausible, como después se supo, en aquellos momentos suponía un pronóstico más o menos sensato que las estrategias políticas motivadas por la codicia o el miedo pudieran finalmente causar un desastre atmosférico (Rubinson 2014).

#### IV.2.6. La crisis del “agujero” en la capa de ozono [1985-1989]

Esta forma de pensar se extendió más ampliamente después de 1985, cuando un grupo de científicos británicos del *British Antarctic Survey* (BAS) —Joseph Farman, Jonathan Shanklin y Brian Gardiner— documentó la caída en picado de la cantidad de ozono medida continuamente en la bahía de Halley —en el continente antártico— y en las islas argentinas desde el comienzo del Año Geofísico Internacional (Weart 2010, Rubinson 2014). La metáfora del “agujero de la capa de ozono”, tal como la conocemos hoy, se introdujo un año después con la ayuda de un conjunto complementario de observaciones medioambientales proporcionadas por la NASA. Esta era entonces la única agencia espacial con una visión global de la estratosfera y su contenido de ozono, y fue por tanto su imagen, basada en las mediciones del *Espectrómetro de Mapeo de Ozono Total* (TOMS) en el satélite Nimbus-7 (Ilustración 13), la que inspiró la introducción de la famosa metáfora medioambiental. La caída de los niveles de ozono en la atmósfera fue un hallazgo ciertamente imprevisto, en tanto que antes de mediados de los años 80 se trataba solamente de una hipótesis teórica<sup>141</sup>, y fue percibido como una amenaza medioambiental global de impacto

---

<sup>141</sup> Según cuenta Greismühl (2017), las primeras teorías que mencionaron “agujeros de ozono” estuvieron estrechamente vinculadas a la comunidad astronómica de finales del siglo XIX que hizo importantes contribuciones en la comprensión del ozono, sobre todo para realizar observaciones en un rango normalmente bloqueado de longitudes de onda ultravioleta. El nuevo contexto geopolítico tras la Segunda Guerra Mundial desplazó los debates sobre los “agujeros de ozono” a las investigaciones sobre su potencial militar geoestratégico, transformando una cuestión astronómica impulsada por valores epistémicos en un



duradero: la pérdida de ozono hubiera significado más cánceres de piel y otros daños biológicos, principalmente, aunque al parecer muchos miembros del público general confundieron el agotamiento del ozono con el calentamiento global (Rubinson 2010).

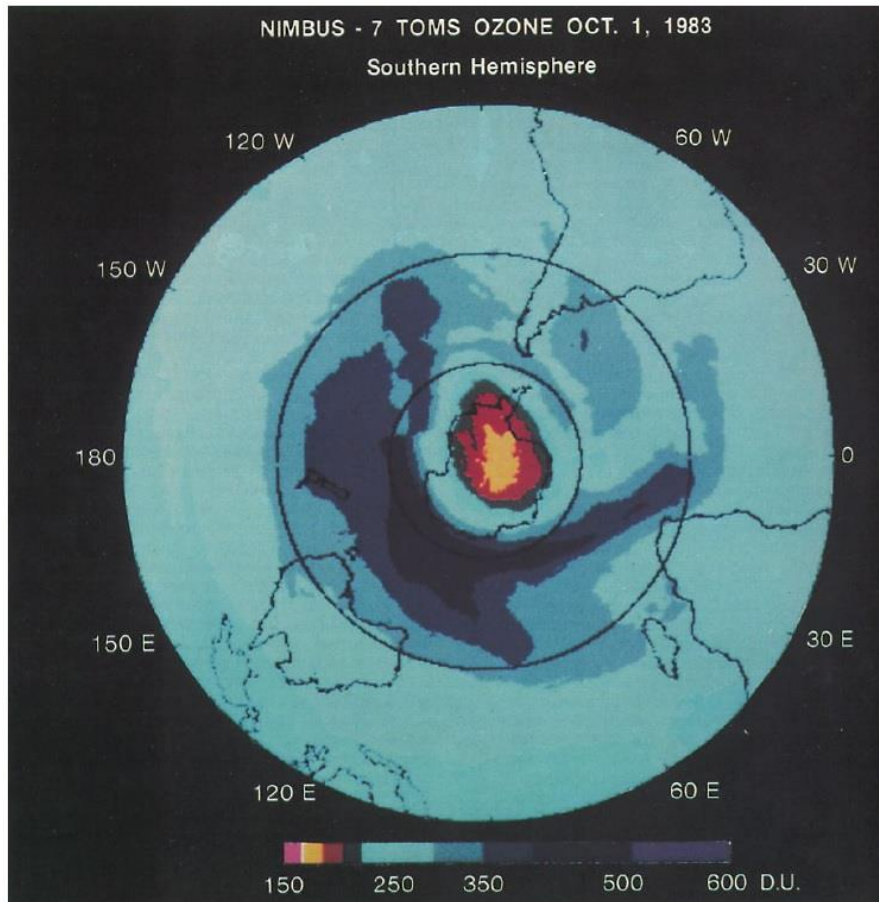


Ilustración 15. Primer gráfico publicado del ozono total utilizando líneas de contorno para cartografiar los datos del Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) para el hemisferio sur. 1 de octubre de 1983. Fuente: NASA.

A partir de 1988, se formó un amplio consenso científico sobre las causas físicas y químicas de la destrucción anual del ozono estratosférico sobre el continente antártico. Y el agujero de la capa de ozono acabaría siendo aceptado como un riesgo medioambiental global. Entre los artífices de la identificación del problema figuró Paul Crutzen (Crutzen & Arnold 1986) —quien unos años más tarde introduciría el término Antropoceno en el seno del programa IGBP (III.2.1)—, contribuyendo a la comprensión de sus causas, que resultaron ser una acumulación de sustancias

---

tema de investigación de importante potencial geopolítico (*ibid.*). A partir de principios de los años setenta, las valores militares connotados a los agujeros perdieron su credibilidad y los valores ecológicos pasaron rápidamente al primer plano de la investigación científica. Sin embargo, sólo a mitad de los años 80 se hizo posible considerar un posible “agujero” en la atmósfera como un peligro ambiental a escala global (Hamilton & Grinevald 2015).



químicas de clorofluorocarbono producidas en procesos industriales y ampliamente utilizadas por el público general en botes de spray. Como argumentó Karen Litfin (1994), el agujero de la capa de ozono proporcionó el conocimiento de un riesgo ineludible —tanto de forma consciente como inconsciente— para poner en marcha acciones preventivas. De ahí que, como menciona Grevsmühl (2017), acabara facilitando el camino hacia la firma del Protocolo de Montreal en 1987, con el que se prohibieron a nivel global las sustancias que estaban agotando el ozono de la atmósfera. La imagen del “agujero” en el cielo como un escudo roto, que permitía el paso de los peligrosos rayos ultravioleta a través de las roturas de la capa protectora de la Tierra, resultó por tanto una imagen muy influyente y eficaz tanto para la transmisión de valores tanto jurídicos como ecológicos. También promovieron una visión del mundo cargada de valores fundamentalmente occidentales de la ciencia y la naturaleza, revelando el poder de acceso a las infraestructuras de vigilancia medioambiental a gran escala que surgieron sobre todo de los esfuerzos de la Guerra Fría (*Ibid.*).

Las visualizaciones de la NASA proporcionaron así una prueba aparentemente indiscutible de una amenaza medioambiental global que —de otro modo, sería invisible— y permitieron al público valorar el impacto global de los contaminantes industriales, incluso mostrándose en las audiencias del congreso de los Estados Unidos (Litfin 1994, p. 101). Las implicaciones se vieron reforzadas por los medios de comunicación occidentales, que a menudo presentaron el “agujero” como parte de una crisis medioambiental global más general, que abarcaba desde la destrucción de la selva tropical hasta el cambio climático, constituyendo un eficaz argumento ante los límites ecológicos de nuestro planeta (Grevsmühl 2017). Otros elementos destacables fueron el surgimiento de fuertes grupos de presión, como las ONG, y la implicación de intermediarios del conocimiento y de científicos individuales, como el premio Nobel Sherwood Rowland, que se pronunció públicamente desde el principio abogando por fuertes medidas reguladoras y, por tanto, remodelando activamente las fronteras entre la ciencia y política (Litfin, 1994, p. 99). Considerado en retrospectiva, el agujero de la capa de ozono también sirvió para subrayar el valor de la ciencia fundamental y sus programas de seguimiento medioambiental a largo plazo, así como de los programas de la *Big Science* y de observación global de la Tierra (Rubinson 2010). Todos estos programas sirvieron para evidenciar los efectos medioambientales de los clorofluorocarbonos a largo plazo y a escala global, lo cuales eran tan imprevisibles como desastrosos.

### **IV.3. El Programa IGBP y la constitución del Sistema Tierra como objeto epistémico**

El contexto histórico brevemente bosquejado en el anterior apartado permite entender, en cierta medida, las condiciones axiológicas en las cuales en la década de los 80 comenzó a introducirse un nuevo objeto epistémico en la práctica científica: el “Sistema Tierra”. Para comprender este fenómeno desde un punto de vista histórico-axiológico, es indispensable analizar la emergencia y desarrollo del *Programa Internacional de Geosfera-Biosfera* (IGBP), que dio comienzo en 1986 y ha tenido un papel fundamental no sólo en el establecimiento de la *Earth System Science* como disciplina científica —así como las correspondientes instituciones generadas para comprender los procesos que determinan el pasado, presente y futuro de la Tierra— sino también en la conceptualización del Antropoceno que originó ulteriormente la conformación del AWG. El programa IGBP fomentó algunos valores clave, de hecho, que impulsaron nuevas formas de coordinación internacional y cooperación interdisciplinaria en la búsqueda de conocimientos fundamentales “que servirán como base para evaluar los probables cambios futuros en la Tierra

de los próximos 100 años” (IGBP 1986) y que parece que también están presentes en la matriz del AWG. La tarea en cuestión requirió del desarrollo y uso de algunos de los marcos de comprensión de la Tierra mencionados en el anterior apartado, y que permitieron comprenderla como un sistema complejo, así como las consecuencias de los cambios en él.

El IGBP evolucionó en un contexto de colaboración científica internacional que ya había dado comienzo a principios del siglo XX: un contexto permeado desde los años 60 por una creciente preocupación por el medio ambiente, así como por las fuerzas de la globalización del último cuarto de siglo XX (Uhrqvist 2014). Desglosaré el proceso histórico de este programa en base al estatus epistemológico del objeto de estudio en construcción, el Sistema Tierra: (i) la *fase de constitución* —desde 1983 hasta alrededor del 2000— y (ii) la *fase de legitimación* —desde 2000 hasta aproximadamente 2010. La primera de ellas se centró en la generación de redes internacionales y la comprensión de los procesos que regulaban los componentes del Sistema Tierra. La segunda fase comenzó con las primeras síntesis de todo el programa del IGBP y la promoción de las interacciones entre los componentes del sistema, lo que requirió un mayor énfasis en el valor de la “interdisciplinariedad” y el establecimiento de la *Earth System Science Partnership* (ESSP) (Steffen et al. 2002). La actividad de las sociedades humanas se consideraron como un elemento constitutivo del Sistema Tierra, momento preciso en que el término Antropoceno fue enunciado por vez primera y pasó a popularizarse durante la primera década del siglo XXI. Después de 2010, por otra parte, el programa se caracterizó por una mayor ponderación del valor de la “sostenibilidad medioambiental”, así como por un mayor compromiso con el subsistema de valores políticos. La integración con las ciencias sociales, el co-diseño de las agendas y la comunicación con la sociedad más amplia anunciaron una nueva etapa en la coordinación internacional con la emergencia del programa *Future Earth* (Liverman 2013), cuestión que se ahondará en el [Capítulo V](#).

#### **IV.3.1. Fase de constitución: la orientación pragmática de los programas del Cambio Global [1983-2000]**

La modelización del clima heredó el pensamiento sistémico de la Guerra Fría, como se ha mostrado en el anterior apartado. Los extensos y detallados informes de climatólogos a comienzos de los 70 dieron cuenta de su consideración del clima como un sistema, así como y la vinculación interactiva entre la biosfera, la atmósfera, la criosfera, la hidrosfera, etc. (Heymann & Dalmedico 2019). A partir de la década de 1980, la rápida expansión de los conocimientos y el aumento en la capacidad de cómputo de los ordenadores facilitó en gran medida un importante avance en la plasmación de los sistemas en lenguaje informático. Reflejando la visión de la *hipótesis de Gaia*, que consideraba la Tierra como un sistema complejo de entidades que interactúan (IV.2.5), el que fuera director del Centro Nacional de Investigación Atmosférica entre 1974 y 1980, Francis P. Bretherton, acuñó por primera vez el término “Earth System Science” (*Ibid.*). Sería él quien presidiría ulteriormente el Comité de la Ciencia del Sistema Tierra de la NASA, creado en 1983 con el objetivo de dar apoyo a los satélites del *Sistema de Observación de la Tierra* (EOS) y a la investigación asociada que ayudó a impulsar ulteriormente la evolución de la ESS mediante observaciones, modelización y estudios de procesos desde el espacio (Steffen et al. 2020). A mediados del año 1986, este comité publicó “Earth System Science Overview: A Programme for Global Change” (NASA Advisory Council 1986). En dicho documento se planteó la idea de establecer una ciencia del Sistema Tierra en que las disciplinas geofísicas tradicionales, como la física y química atmosférica, la ecología, la geografía, la oceanografía, y por supuesto la geología,

que tradicionalmente habían trabajado de manera más independiente, convergieran en la conceptualización de la Tierra como un único sistema interactivo. En este documento se planteó así el objetivo de instaurar un nuevo marco interdisciplinar en torno a la obtención de “una comprensión científica de todo el Sistema Tierra a escala global, a través de la descripción de cómo sus partes constituyentes y sus interacciones han evolucionado, cómo funcionan, y cómo se espera que continúen evolucionando en todas las escalas de tiempo” (p. 4).

Si el estudio de la Tierra había avanzado hasta el momento a través de disciplinas especializadas, cada una de ellas dedicada al estudio de un componente individual del planeta, ahora se pretendía poner el foco en la conexión entre dichos saberes adoptando un enfoque sistémico y utilizando técnicas de observación global y la emergente modelización computacional. El interés de desarrollar una nueva ciencia por parte de la NASA estuvo, por supuesto, cargado de una pluralidad de valores. No cabe duda de que los valores epistémicos tuvieron un peso importante, en tanto que el marco conceptual de la teoría de sistemas aplicado al estudio holístico de la Tierra suponía tener un gran valor a la hora de comprender la dinámica interactiva entre las distintas partes, pero también estuvo guiado por valores no epistémicos, como se desprende de las puntualizaciones del comité:

“Como complemento a nuestra curiosidad innata por nuestro planeta, la búsqueda de beneficios prácticos para mejorar la calidad de la vida humana ha sido durante mucho tiempo una segunda motivación importante para las ciencias de la Tierra. [...] Ahora, un tercer y urgente factor estimula la búsqueda del conocimiento. Los habitantes de la Tierra ya no son simples espectadores del drama de la evolución de la Tierra, sino que se han convertido en participantes activos a escala mundial, contribuyendo a procesos de cambio global que alterarán significativamente nuestro hábitat dentro de unas pocas generaciones. [...] Con este nuevo conocimiento, podremos entonces tomar medidas oportunas para garantizar una Tierra abundante para las generaciones futuras” (NASA Advisory Council 1986, pp. 4-5).

De esta manera, se incidió en que “este programa de investigación nos traerá beneficios en conocimiento tan drásticos y relevantes para la humanidad, como ningún otro en la historia de la ciencia” (p. 6), a través de la medición de variables del planeta a escala global, el uso de modelos cuantitativos del Sistema Tierra para anticipar sus tendencias futuras y la integración de la información necesaria para la toma efectiva de decisiones en respuesta a las consecuencias del cambio global. Como se ha mostrado en el anterior apartado, son varios los factores históricos que hicieron posible la inclusión de valores políticos y ecológicos en las agendas de investigación en ciencias de la Tierra, como la generalizada concienciación ecológica y la exploración espacial de la segunda mitad del siglo XX:

“No tenemos otra preocupación mayor que el futuro de este planeta y de la vida en él. La exploración de los demás planetas del Sistema Solar ha confirmado el lugar tan especial que ocupa nuestro planeta entre ellos: el único con una biosfera, el único con abundante oxígeno y agua líquida, y el único con procesos tectónicos que renuevan la estructura de su superficie y reciclan los nutrientes esenciales para la vida. Para preservarlo, debemos seguir buscando una comprensión científica más profunda de los procesos globales de la

Tierra. Ahora es el momento de afrontar este reto mediante un programa de la Ciencia del Sistema Tierra” (p. 7).

Un primer modelo conceptual para abordar esa comprensión científica de los procesos globales de la Tierra, hoy conocido como el *diagrama de Bretherton* —pero que fue desarrollado por Berrien Moore, quien fuera posteriormente presidente del IGBP— consideró las “actividades humanas” como un factor dentro del sistema, tal y como se indica en el recuadro del extremo derecho del diagrama (Ilustración 14). A medida que la actividad humana fue reconociéndose como un agente importante de transformación del Sistema Tierra, la posición y las conexiones de su “celda” dentro de este recuadro pasaron a convertirse en el centro de un intenso debate (Crutzen & Stoermer 2000). De hecho, la valoración de impacto de las actividades humanas se hizo cada vez mayor a lo largo de las tres décadas siguientes, como se muestra en el siguiente subapartado, estimando cada vez más a la “humanidad” como un componente central en todas las investigaciones y actividades.

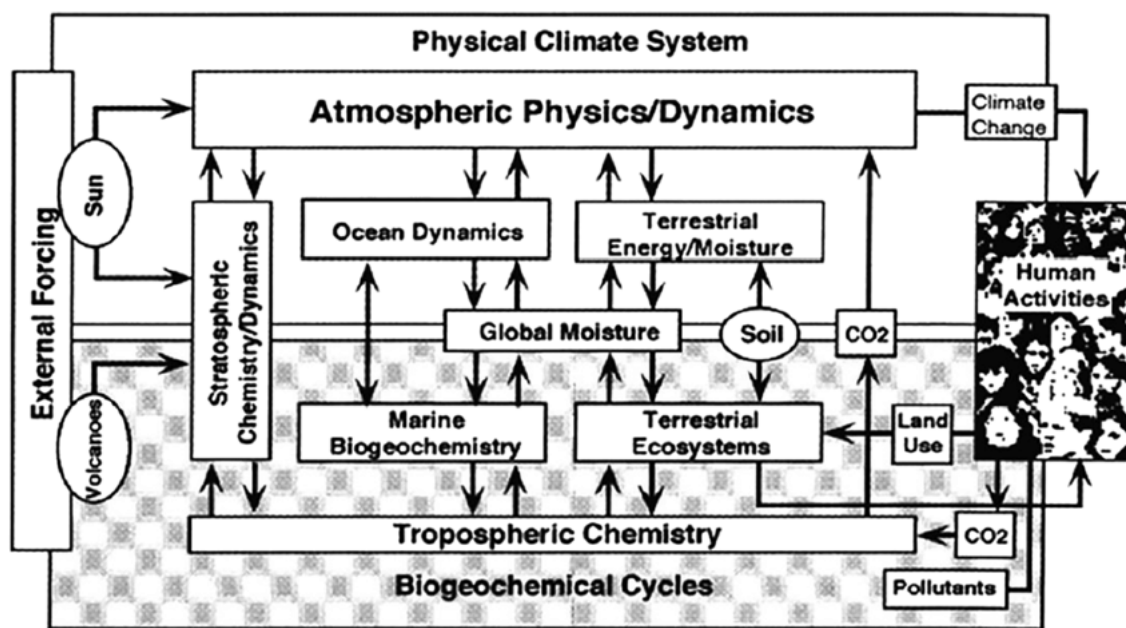


Ilustración 16. Diagrama de Bretherton. (NASA 1986, p. 19).

La propuesta del comité de la NASA fue, por otra parte, secundada por otros organismos internacionales que llevaron a la fundación de un nuevo programa de investigación. El que fuera el patrocinador original del Año Geofísico Internacional entre 1957 y 1958, el *Consejo Internacional para la Ciencia* (ICSU), había aparecido nuevamente en escena en 1985 cuando nombró un grupo de planificación *ad hoc* presidido por Sir John Kendrew —presidente del ICSU— y más tarde por el profesor Bert Bolin, un meteorólogo sueco, con el fin de impulsar un programa de investigación internacional en torno a la “dimensión global de los procesos químicos

y biológicos” (IGBP 1986)<sup>142</sup>. En septiembre de 1986, el comité de Bolin informó a la Asamblea General del ICSU con la conclusión de lo que se necesitaba era, efectivamente, un programa interdisciplinario: el *Programa Internacional Geosfera-Biosfera* (IGBP), el cual se añadiría al *Programa Mundial de las Investigaciones Climáticas* (WCRP) creado en 1980 (véase IV.2.6). Basado en el informe del comité de planificación *ad hoc*, en 1987 la Asamblea General del ICSU nombró un comité especial presidido por James McCarthy para avanzar más en la planificación del IGBP y, ese mismo año, la secretaría del IGBP se inauguró en la Real Academia Sueca de Ciencias, en Estocolmo. En su primer informe de septiembre de 1986, se puede observar cómo sus objetivos y valores se manifestaron claramente alineados con las conclusiones del Comité de la Ciencia del Sistema Tierra de la NASA:

“Una mejor comprensión de la Tierra y de su entorno inmediato es esencial si queremos mejorar nuestra capacidad para detectar y responder a las alertas de cambio global significativo. Aunque en los últimos 30 años la comunidad científica mundial ha llevado a cabo con éxito una amplia gama de programas internacionales como el Año Geofísico Internacional, el Programa Biológico Internacional, el Programa Hidrológico Internacional, el Programa Internacional de la Litosfera y el Programa de Investigación Atmosférica Global, éstos han tendido a concentrarse en componentes aislados del sistema terrestre en su conjunto: la atmósfera, la biosfera, la hidrosfera y la litosfera. Los progresos realizados en estos ámbitos y los avances tecnológicos en materia de ordenadores de alta velocidad y sensores espaciales permiten, por primera vez, sintetizar la información a escala mundial y elaborar modelos interactivos” (IGBP 1986, p. v).

De este modo, el IGBP se construiría “sobre las bases que otros programas han sentado” y utilizaría “sus continuos hallazgos en beneficio de ambos” (p. 1). Asimismo, el informe de 1986 articuló el objetivo de lo que sería la futura ESS, y que ya había adelantado el comité de la NASA: “obtener una comprensión científica de todo el Sistema Tierra a escala global mediante la descripción de cómo han evolucionado sus componentes y sus interacciones, cómo funcionan y cómo se puede esperar que continúen evolucionando en todas las escalas de tiempo” (p. v). El desafío de este paradigma en ciernes fue desarrollar la capacidad de predecir aquellos cambios que ocurrirían en el futuro, tanto a una escala de décadas como de siglos, tanto por causas naturales como en consecuencia de la actividad humana. Desde un punto de vista axiológico, nuevamente, el objetivo inicial no estuvo inspirado solamente en valores epistémicos, sino también en valores ecológicos:

“Será un programa de investigación básica con aplicaciones prácticas casi inmediatas en la gestión de los recursos a nivel nacional e internacional y como medio para mejorar la fiabilidad de las alertas de cambio global de importancia para nuestro medio ambiente y para la humanidad” (IGBP 1986, p. v).

---

<sup>142</sup> Como señalan Seitziger et al. (2016), la constitución de este grupo de planificación parece que fue motivado en cierta medida por Thomas F. Malone, instando al ICSU en varias ocasiones para que considerara en sus programas las múltiples interrelaciones entre el mundo biológico, humano y físico (Malone 2015).



De esta manera, el programa puso el foco en los procesos interactivos que no estaban siendo atendidos en otros programas anteriores, incluyendo en su estudio los ciclos biogeoquímicos, la zona fótica de los océanos —es decir, en aquellas donde interfiere la luz solar—, la dinámica y química del subsuelo, y el estudio de la entrada variable de luz solar en la Tierra. Además, sobre ellos también se incluyeron otra serie de cambios, más recientes y de consecuencias inmediatas, que eran el “claro resultado de las actividades humanas”, como el uso de la energía y las prácticas de la agricultura intensiva que habían alterado el albedo de la Tierra, la composición del suelo y las aguas, la química atmosférica, las áreas forestales, la diversidad de especies de plantas y animales, y el equilibrio del ecosistema global. Para entender todos estos impactos de la acción humana —o para pronosticar sus efectos— se requería “un conocimiento más completo del trasfondo natural del cambio sobre el que se imponen, y de los procesos y retroalimentaciones a través de los cuales actúan” (IGBP 1986, p. 1). De nuevo, dicho conocimiento no sólo sería útil a nivel epistémico, sino que también lo sería en términos económicos y ecológicos:

“Los problemas prácticos inmediatos del medio ambiente mundial, como la lluvia ácida, la desertificación, la degradación del suelo y la acumulación de gases de efecto invernadero, se parecen mucho en que implican procesos interactivos que trascienden los límites de las disciplinas individuales. En muchos casos, las incertidumbres en nuestra comprensión de las complejas interdependencias de la geosfera y la biosfera restringen nuestra capacidad para identificar las causas o los efectos, o para anticipar los costes y beneficios, económicos o medioambientales, de las posibles respuestas” (*Ibid.*).

En este primer informe del IGBP, se aludieron a cuatro razones por las cuales era el momento de comenzar con un programa de tales características. En primer lugar, se mencionó que “cada vez es más evidente que los componentes bióticos y no bióticos de la biosfera están inextricablemente entrelazados, como lo demuestran los estudios sobre el ciclo de los elementos químicos fundamentales para la vida, la sensibilidad del clima a los procesos bióticos y antropogénicos, y una serie de cuestiones que surgen del estudio de los efectos del aumento global de los gases de efecto invernadero” (IGBP 1986, p. 2). En segundo lugar, se aludió al hecho de que “los impactos humanos sobre la Tierra se aproximen ahora a la escala de los procesos naturales e interactivos que controlan el sistema global que mantiene a la vida” (*Ibid.*), poniendo como ejemplos el cambio climático resultante del aumento de los niveles de gases de efecto invernadero en la atmósfera, la deposición ácida, la deforestación, el deterioro del suelo y la desertificación. En tercer lugar, subrayaron una “apreciación de los límites de la habitabilidad de la Tierra” (*Ibid.*), refiriéndose a la capacidad del planeta para sustentar la vida, para producir alimentos, piensos y fibras adecuadas, y para mantener la calidad del aire, del agua y de los suelos, así como la integridad de los ciclos químicos esenciales para la vida. Por último, se hizo hincapié en “los avances contemporáneos en ciencia y tecnología que hacen posible el estudio de la Tierra como un sistema interactivo” (*Ibid.*), entre los cuales se encontraban las nuevas capacidades para examinar la Tierra como planeta desde el espacio y lo que es igualmente importante: las nuevas capacidades de telecomunicación, tratamiento de datos y modelización numérica necesarias para el tratamiento de datos globales y el intercambio de información a escala mundial. Todas estas razones llevaron a que el presidente de ICSU, Sir John Kendrew, subrayara en 1988 la relevancia histórica del programa IGBP, esta vez aludiendo a valores básicos como el “bienestar” y la “supervivencia” de la humanidad:



“El IGBP será sin duda el más ambicioso, el más amplio y, en su impacto en nuestra comprensión de las posibilidades futuras de la humanidad, el proyecto más importante que ICSU haya emprendido jamás. Su propósito es estudiar los cambios progresivos en el medio ambiente de la especie humana en la Tierra, tanto pasados como futuros; identificar sus causas, naturales o provocadas por el hombre, y hacer predicciones informadas del futuro a largo plazo y, por lo tanto, de los peligros para nuestro bienestar e incluso para nuestra supervivencia; e investigar formas de minimizar los peligros que pueden estar abiertos a la intervención humana” (IGBP 1988, p. 8).

A partir de este momento, creció notablemente el apoyo internacional (Seitzinger et al. 2015). En 1987, por ejemplo, se llevó a cabo un Taller Internacional sobre Cambio Global en el Ártico, bajo el liderazgo de Jack Eddy y William Fyfe, con la intención de asegurar que las dimensiones de la ciencia del Ártico tuvieran su lugar dentro del programa IGBP. La reunión, además, fue fundamental para apoyar el lanzamiento del Consejo Internacional de Ciencias del Ártico en 1990. Por su parte, las Naciones Unidas aprobaron en 1989 la resolución 44/207, que recomendó que los gobiernos “aumenten sus actividades en apoyo de [...] el Programa Internacional de Geosfera y Biosfera, incluido el monitoreo de la composición atmosférica y las condiciones climáticas”, y también recomendó a la comunidad internacional que “apoye los esfuerzos de los países en desarrollo para participar en estas actividades científicas” (Seitzinger et al. 2015, p. 5). Como señalan Steffen et al. (2020), esta efervescencia científica estuvo ligada a la ambición política de hacer algo ante el cambio global, en parte motivado por el informe *Our Common Future* de Brundtland (1987) y el creciente interés por el desarrollo sostenible<sup>143</sup>. Muchos actores pensaron que el IGBP debía ser diseñado para proporcionar conocimientos científicos que tuvieran una relevancia política inmediata, lo que no dejó de generar un cierto conflicto axiológico inicial (Steffen et al. 2020).

El primer informe del IGBP de 1986 afirmaba que, si la planificación comenzaba en ese momento, el IGBP podría “estar en funcionamiento en la década de 1990, un período significativo de cambio proyectado durante el cual podemos esperar el primer impacto climático observable de las concentraciones de gases de efecto invernadero” (IGBP 1986, p. 9). Ciertamente, nadie podría haber predicho la confluencia de eventos políticos y económicos que se desarrollarían en los próximos años, pero, como muestran Seitzinger et al. (2015), tras la abrupta culminación de la Guerra Fría, la caída del muro de Berlín en 1989 y el impulso de la globalización a finales del siglo XX, se facilitó notablemente el intercambio de información necesaria para la investigación<sup>144</sup>. También ha de mencionarse la aparición de internet, las mejoras continuas en los satélites de observación de la Tierra y las crecientes capacidades de supercomputación que

---

<sup>143</sup> El informe *Our Common Future* (1987) había sido publicado por las Naciones Unidas con el objetivo de fomentar el multilateralismo y la interdependencia de las naciones en la búsqueda de una vía de “desarrollo sostenible”. El informe colocó la cuestión del medio ambiente en la agenda política internacional, pretendiendo incorporar valores ecológicos en el desarrollo socioeconómico de los países. Definió el concepto de “desarrollo sostenible” como “el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (p. 16).

<sup>144</sup> Los datos necesarios del submarino de la Marina de los EE. UU. sobre la extensión y el espesor del hielo, por ejemplo, se publicaron bajo el liderazgo del vicepresidente Al Gore. Si bien las fotografías aéreas y las imágenes por satélite podían monitorear la extensión del hielo marino, solo los datos recolectados por submarinos podían rastrear el espesor del hielo (Seitzinger et al. 2015).

revolucionaron la ciencia y expandieron las posibilidades de investigación (Echeverría 2003), todo lo cual fue importante en el desarrollo del IGBP a la hora de conformar una red global de científicos aunados en el estudio de un nuevo objeto de estudio: el Sistema Tierra.

El lanzamiento formal del IGBP en 1990 y el uso generalizado del diagrama de Bretherton (Ilustración 12) impulsaron el desarrollo de la incipiente ESS durante la última década del siglo XX. Sin embargo, a pesar del rápido aumento del uso de los recursos y de los impactos emergentes del cambio climático, el carácter antropogénico subyacente al cambio global, así como la ecología de las poblaciones y de las comunidades, aún suponían ser un foco de atención importante. Por ello, en virtud de una serie de estudios que ilustraron la relevancia de la investigación ecológica para el cambio climático, la biodiversidad y la sostenibilidad en general, se creó en 1991 el programa internacional de investigación DIVERSITAS, con el objetivo de estudiar la pérdida y el cambio de la biodiversidad mundial, complementando así la investigación del IGBP en torno a los aspectos funcionales de los ecosistemas terrestres y marinos (Uhrqvist 2014). La cuantificación de los impactos humanos en el planeta a causa del cambio climático, la pérdida de biodiversidad y el desplome de las poblaciones de peces puso de manifiesto, de este modo, la realidad de un planeta “dominado por el ser humano” (*Ibid.*). De hecho, en 1996 se fundaría el *Programa Internacional de Dimensiones Humanas* (IHDP) sobre el Cambio Medioambiental Global, una plataforma mundial para la investigación en ciencias sociales que comenzaría a explorar los factores humanos del cambio en el Sistema Tierra y las consecuencias para el bienestar humano y social. Esta conjunción de programas de investigación del Cambio Global — WCRP, IGBP, DIVERSITAS e IHDP— proporcionaría los espacios de trabajo necesarios para que científicos de diferentes disciplinas convergieran, lo que fue crucial para el desarrollo de la ESS y la constitución del Sistema Tierra como objeto epistémico.

A finales de la década de 1990, las comunidades de investigación del programa IGBP habían acumulado un cuerpo sustancial de conocimientos, sentando las bases para las principales síntesis de cada proyecto individual (Seitzinger et al. 2015, Steffen et al. 2020). Estos constituyeron una serie de libros del IGBP y, aunque muchos se publicaron a principios de la década del 2000, sintetizaron los avances en esta fase constitutiva. Se llegó a saber mucho más sobre los componentes individuales del Sistema Tierra en comparación con lo que se sabía al comenzar el IGBP, y se estaba construyendo el conocimiento de las interacciones entre los diferentes componentes del sistema. Por otro lado, en la última década del siglo XX continuó aumentando la preocupación por el cambio climático (Weart 2010, Brooten 2016), lo que produjo estrechos vínculos entre las ciencias del clima y el programa IGBP. Así lo menciona Bolin en su autobiografía: “se necesitaban intensificar los esfuerzos de investigación, y la planificación y organización de estos estaban a cargo de [...] el WCRP y de [...] el IGBP. La pregunta clave seguía siendo cómo deberían desarrollarse las interacciones entre la comunidad científica, las partes interesadas y los políticos que podrían impulsar el tema” (Seitzinger et al. 2015, p. 6). Bajo los auspicios del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Organización Meteorológica Mundial, el *Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático* (IPCC) se había establecido en 1988 y, desde entonces, se instauró una relación íntima entre el IPCC y el IGBP<sup>145</sup>. Esa interacción entre ambas entidades aumentó en los 90 y, de hecho, muchos científicos asociados al IGBP fueron invitados a conformar equipos de sus informes o capítulos especiales,

---

<sup>145</sup> Baste como ejemplo mencionar que el director del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Mustafa Tolba, invitó a Bolin a presidir el IPCC, lo que hizo de 1988 a 1997, es decir, durante el período en el que se publicaron las dos primeras evaluaciones (Seitzinger et al. 2015).

y algunos logros científicos del IGBP contribuyeron directamente a las dos primeras evaluaciones del IPCC (Uhrqvist 2014).

Los últimos años del siglo XX estuvieron permeados por una mayor certeza sobre la naturaleza y la intensidad de los impactos humanos en el clima y el medio ambiente de la Tierra. De hecho, a finales de la década, H. J. Schellnhuber introdujo y desarrolló dos nociones que acabarían siendo fundamentales para la concepción del nuevo objeto epistémico: (i) la relación dinámica y co-evolutiva entre la naturaleza y la civilización humana a escala planetaria y (ii) la existencia de posibles “dominios catastróficos” en dicho espacio co-evolutivo del Sistema Tierra (Steffen et al. 2020). La primera proporcionó el marco conceptual para integrar plenamente la dinámica humana en el marco del Sistema Tierra. La segunda introdujo la concepción del cambio global como un cambio no lineal en el funcionamiento del Sistema Tierra, entendiendo que las acciones humanas podrían desencadenar cambios rápidos e irreversibles del mismo, ocasionando estados catastróficos para el bienestar humano<sup>146</sup>. Todo ello coincidió con el momento de realizar una síntesis de todo el programa IGBP que permitiera integrar los avances de los programas individuales y permitiera construir una imagen más completa de la Tierra. Es en este momento cuando apareció el término “Antropoceno” y donde se inició un proceso de legitimación del nuevo paradigma de investigación.

#### **IV.3.2. Fase de legitimación: formulación del Antropoceno y conformación de la *Earth System Science Partnership* [2000-2010]**

Los últimos años de la década de 1990 y principios de los 2000 fueron un período de intensa agitación intelectual dentro del IGBP (Seitzinger et al. 2015, Steffen et al. 2020). Los líderes científicos del programa eran muy conscientes de la necesidad de converger en una síntesis de todo el trabajo realizado, con el objetivo de integrar las respectivas síntesis de los proyectos particulares que ya habían comenzado. En la reunión del comité científico del IGBP en 1999, la ecóloga Pamela Matson, en nombre de un grupo *ad hoc* llamado “Integration Overview Group”, presentó un esquema propositivo de la síntesis que incluía la dinámica del Sistema Tierra, cómo los seres humanos estaban cambiando el sistema y cómo la respuesta, consecuencias y riesgos de dichos cambios se desarrollan en el sistema (Seitzinger et al. 2015). Los artículos de opinión en el boletín *IGBP Global Change* profundizaron en la oportunidad y el fundamento de la síntesis, entre los cuales figuró la opinión de Will Steffen, uno de los principales impulsores de la ulterior conceptualización del Antropoceno (III.2.1). En su artículo, publicado dos meses antes de que Crutzen enunciara el término, Steffen aludía a varios valores que en los próximos años se adherirían al concepto del Antropoceno dentro de la ESS:

“Debemos integrar eficazmente las ciencias sociales y las naturales, y esto requiere, sobre todo, respeto mutuo y la capacidad de mirar más allá de los propios paradigmas y visiones del mundo. [...] Como señala Berrien en su artículo, el IGBP —y el PMIC y el IHDP— de la próxima década tendrá que abordar cuestiones de gran importancia para la sociedad y, por tanto, de naturaleza intrínsecamente política y normativa. Tal vez el objetivo

---

<sup>146</sup> De hecho, el descubrimiento del agujero de ozono estratosférico demostró que la humanidad, por suerte y no por diseño, ya se habría librado por poco de la generación de un estado catastrófico (Steffen et al. 2004).

general del IGBP [...] deba ampliarse ahora, tal vez para que sea común a todos los programas sobre el cambio ambiental global, y dar el siguiente paso, pasando de la descripción y la comprensión a la aportación proactiva de conocimientos necesarios para ayudar a las sociedades a vivir con el cambio global: ¿Cómo se puede adaptar, o gestionar, la creciente ‘empresa humana’ para que se desarrolle en sincronía con la dinámica del Sistema Tierra?” (Steffen 1999, p. 5).

Baste este fragmento como indicador de la intensificación de algunos valores dentro de la matriz colectiva del programa IGBP, en concreto la necesidad por dar mayor importancia al subsistema de valores políticos y ecológicos, además de aumentar el peso al valor de la “interdisciplinaridad”, más allá de las ciencias naturales. Como se ha mostrado en el anterior subapartado, en los últimos años de la década de los 90, la comunidad también había comenzado a otorgar mayor valor al grado en que los seres humanos habían alterado y seguían alterando el Sistema Tierra en su conjunto. Y en un período de síntesis de proyectos internos al IGBP, fue en una reunión de su comité científico en México celebrada del 22 al 25 de febrero del 2000, cuando Crutzen planteó el término “Antropoceno” (Crutzen & Stoermer 2000, Pearce 2007). Concretamente, tal y como indican Steffen et al. (2020), fue una reacción del químico neerlandés a una presentación de investigación del proyecto *Past Global Changes* (PAGES): un proyecto dedicado a la investigación del clima y del medio ambiente de la Tierra en el pasado para obtener mejores predicciones de las tendencias futuras. El proyecto PAGES había registrado multitud de datos estratigráficos de la dinámica del Sistema Tierra del Holoceno, y Crutzen interrumpió la presentación afirmando enérgicamente que el Sistema Tierra ya estaba en otro tiempo geológico: el Antropoceno (Crutzen & Stoermer 2000, Steffen et al. 2020). Así, introduciendo el término dentro del colectivo del IGBP, Crutzen estableció la conexión entre la Escala de Tiempo Geológico y los cambios de estado del Sistema Tierra, cambios que en este caso se creían impulsados por la acción humana.

Posiblemente gracias al liderazgo de Crutzen en el programa, el Antropoceno fue rápidamente adoptado por el IGBP como principio organizativo principal a la hora de reestructurar su segunda década de investigación a principios de la década del 2000<sup>147</sup>. Precisamente, el núcleo del esfuerzo se construyó en torno al proyecto PAGES y el proyecto *Analysis, Integration and Modelling of the Earth System* (AIMES), que integró el trabajo de los proyectos individuales, además de estar vinculado al WCRP, el IHDP y al DIVERSITAS (Steffen et al. 2020). En este sentido, la conferencia *Challenges of a Changing Earth*, celebrada en Ámsterdam en 2001, fue un evento clave que representó el comienzo a esta fase de legitimación del nuevo paradigma, donde se destacaron los logros alcanzados durante la última década y los resultados de la primera síntesis del IGBP. La conferencia fue organizada por éste en asociación con sus programas hermanos del Cambio Global, reuniendo a 1400 participantes de 105 países (Steffen et al. 2002, 2020). La conferencia a menudo se recuerda como la “Declaración de Ámsterdam”, que proclamó que las

---

<sup>147</sup> Un ejemplo de la rapidez con que el concepto del Antropoceno penetró en la comunidad científica se encontró durante la primera reunión del *IGBP Water Group* celebrada en Boulder en el año 2000 (Seitzinger et al. 2015). Con el patrocinio de IGBP, la reunión exploró cómo las “influencias antropogénicas y el cambio climático pueden afectar el suministro y flujo ‘normal’ de sedimentos a lo largo de las vías hidrológicas” (p. 10). De hecho, esta influencia competitiva de la acción humana a escala local versus la acción humana a escala global se convirtió desde entonces en un tema importante en la mayoría de las comunidades de geociencias (*Ibid.*).

fuerzas antropogénicas eran inequívocamente iguales a algunas de las grandes fuerzas de la naturaleza en su impacto y extensión:

“Las actividades humanas están influyendo significativamente en el medio ambiente de la Tierra de muchas maneras, además de las emisiones de gases de efecto invernadero y el cambio climático. Los cambios antropogénicos en la superficie terrestre, los océanos, las costas y la atmósfera de la Tierra, así como en la diversidad biológica, el ciclo del agua y los ciclos biogeoquímicos, son claramente identificables más allá de la variabilidad natural. Son iguales a algunas de las grandes fuerzas de la naturaleza en cuanto a su alcance e impacto. Muchos se están acelerando. El cambio global es real y está ocurriendo ahora” (Steffen et al. 2002, p. 2).

La afirmación de la realidad del cambio global, hipótesis de partida en 1986 y que quedaría representada en el concepto del Antropoceno, se sustentó en la confirmación del entendimiento de la Tierra como un sistema complejo —con sus modos de funcionamiento, rangos de variabilidad, patrones multidimensionales, efectos cascada, cambios bruscos, umbrales críticos, etc.—, un recién constituido objeto epistémico, valioso para comprender los cambios inducidos por la actividad humana:

“El Sistema Tierra se comporta como un sistema único y autorregulado compuesto por componentes físicos, químicos, biológicos y humanos. Las interacciones y retroalimentaciones entre los componentes son complejas y presentan una variabilidad temporal y espacial a múltiples escalas. La comprensión de la dinámica natural del Sistema Tierra ha avanzado mucho en los últimos años y proporciona una base sólida para evaluar los efectos y consecuencias del cambio impulsado por el hombre” (p. 1).

“El cambio global no puede entenderse en términos de un simple paradigma de causa-efecto. Los cambios provocados por el ser humano causan múltiples efectos que se extienden en cascada por el Sistema Tierra de forma compleja. Estos efectos interactúan entre sí y con los cambios a escala local y regional en patrones multidimensionales que son difíciles de entender y aún más difíciles de predecir. Las sorpresas abundan” (p. 4).

“La dinámica del Sistema Tierra se caracteriza por umbrales críticos y cambios bruscos. Las actividades humanas podrían desencadenar inadvertidamente esos cambios con graves consecuencias para el medio ambiente y los habitantes de la Tierra. El Sistema Tierra ha operado en diferentes estados durante el último medio millón de años, con transiciones abruptas —una década o menos— que a veces se producen entre ellos. Las actividades humanas tienen el potencial de cambiar el Sistema Tierra a modos alternativos de funcionamiento que pueden resultar irreversibles y menos hospitalarios para los seres humanos y otros seres vivos. La probabilidad de que se produzca un cambio abrupto en el medio ambiente de la Tierra impulsado por el ser humano aún no se ha cuantificado, pero no es despreciable” (p. 10).

“En términos de algunos parámetros ambientales clave, el Sistema Tierra se ha movido fuera del rango de la variabilidad natural exhibida por lo menos durante el último medio millón de años. La naturaleza de los cambios que se están produciendo simultáneamente en el Sistema Tierra, sus magnitudes y ritmos de cambio no tienen precedentes. La Tierra se encuentra actualmente en un estado no-análogo” (p. 14).

Sería precisamente ese “estado no-análogo” en el que se encuentra la Tierra el significado que se encapsularía dentro del concepto del Antropoceno, que en ese momento había sido brevemente sugerido (Crutzen & Stoermer 2000, ANEXO I), pero que se seguiría enriqueciendo con varias aportaciones ulteriores (Crutzen 2002; Crutzen & Steffen 2003; Steffen et al. 2004, 2007, 2015a, 2015b). Sobre esta base, por otra parte, la Declaración de Ámsterdam en 2001 no se limitó a secundar el valor epistémico de la nueva concepción de la Tierra, sino que también instó “a los gobiernos, a las instituciones públicas y privadas y a los pueblos del mundo” (Steffen et al. 2002, p. 73) a instaurar un marco ético para la administración global, así como la generación de estrategias para la gestión del Sistema Tierra:

“Se necesita urgentemente un marco ético para la administración global y estrategias para la gestión del Sistema Tierra. La acelerada transformación humana del medio ambiente de la Tierra no es sostenible. Por lo tanto, la forma de gestionar el Sistema Tierra como siempre no es una opción. Tiene que ser sustituida —lo antes posible— por estrategias deliberadas de buena gestión que sostengan el medioambiente de la Tierra a la vez que cumplen los objetivos de desarrollo social y económico” (p. 73).

Nótese de este modo que al carácter descriptivo del Sistema Tierra se le sumó otro prescriptivo, orientado a la satisfacción de valores morales y políticos en pos de la “sostenibilidad” del medioambiente global. Como consecuencia de todo ello, fue en este momento cuando se propuso una nueva ciencia integradora a la luz de los logros cosechados en los programas del Cambio Global:

[...] Es necesario un nuevo sistema de ciencia medioambiental global. Éste está empezando a evolucionar a partir de los enfoques complementarios de los programas internacionales de investigación sobre el cambio global y necesita fortalecerse y desarrollarse más. Se basará en la base disciplinaria existente y en expansión de la ciencia del cambio global; integrará las disciplinas, los temas de medio ambiente y desarrollo y las ciencias naturales y sociales; colaborará a través de las fronteras nacionales sobre la base de una infraestructura compartida y segura; intensificará los esfuerzos para permitir la plena participación de los científicos de los países en desarrollo; y empleará las fortalezas complementarias de las naciones y regiones para construir un sistema internacional eficiente de ciencia medioambiental global” (*Ibid.*).



Ello quedó plasmado en la conformación de la *Earth System Science Partnership* (ESSP), una alianza auspiciada por el *Consejo Internacional para la Ciencia* (ICSU) entre los diferentes programas del Cambio Global —DIVERSITAS, IGBP, IHDP y WCRP— con el objetivo de comprender los cambios multidimensionales producidos por la actividad humana y sus efectos cascada, conectando con cuestiones de primer orden para el bienestar humano: comida, agua, salud, carbono y energía (Leemans et al. 2009). La estrategia consistió en construir un marco de investigación coherente, desde el pasado geológico hasta el presente y el futuro, y cuyo objetivo general fue “comprender la dinámica cambiante del Sistema Tierra en su conjunto y, en particular, el cambio de estado del sistema que se estaba produciendo como consecuencia de la amplia gama de presiones humanas” (Steffen et al. 2020, p. 8). Ello implicó que todas las cuestiones relacionadas con el carbono, el agua, la seguridad alimentaria y la salud pasarían desde ese momento a examinarse a través de proyectos patrocinados conjuntamente por los cuatro programas del Cambio Global. De este modo, las discusiones en las reuniones del comité científico en 2000 y 2001 giraron en torno a la necesidad de un enfoque más integrado del Sistema Tierra, donde la actividad del ser humano suponía ser el principal motor de cambio en el sistema (Leemans et al. 2009, Uhrqvist 2014).

El congreso *Connectivities in the Earth System* del IGBP, organizado en Banff —Canadá— entre el 19 y el 24 de junio de 2003, brindó la oportunidad de revisar las nuevas direcciones tomadas en esta fase del programa y discutir la mejor manera de implementarlas. Los participantes en el congreso reconocieron que “el IGBP debe identificar los elementos y funciones vitales del Sistema Tierra que puedan ser transformados por las actividades humanas, así como determinar los dominios tolerables e intolerables para los humanos en el Sistema Tierra” (Seitzinger et al. 2015, p. 10). El IGBP reconoció el valor de la interacción estrecha entre los científicos naturales y sociales y, de hecho, el IHDP —dedicado a los aspectos sociales y humanos del cambio global— se convirtió en copatrocinador de dos de sus proyectos. Fue en este congreso cuando emergió la idea del proyecto IHOPE (II.2), que buscó integrar los conocimientos y recursos de las ciencias biofísicas con los de las ciencias sociales y humanidades —incluida la historia, aun con un particular enfoque historiográfico— para abordar los problemas analíticos e interpretativos asociados a la dinámica de los sistemas humano-Tierra (Costanza et al. 2012). Algo parecido ocurrió en su acercamiento con las comunidades de la sostenibilidad global (Uhrqvist 2014, Steffen et al. 2020), las cuales llevaron al IGBP a definir el “Sistema Tierra” como “el conjunto de procesos físicos, químicos, biológicos y humanos interrelacionados que ciclan —transportan y transforman— materiales y energía de forma compleja y dinámica dentro del sistema” (Steffen et al. 2004, p. 34). Esta definición subrayó dos aspectos importantes: (i) los procesos biológicos, así como las interacciones y otras fuerzas del sistema, eran esenciales para su funcionamiento, y (ii) la actividad del ser humano era un elemento constitutivo del comportamiento de dicho sistema (Leemans et al. 2009). De ahí que el concepto del Antropoceno se utilizara rápidamente en todo el programa a medida que sus proyectos centrales desarrollaban sus síntesis individuales, destacándose de manera prominente en la síntesis de todo el programa, que buscó cuantificarlo por medio de los gráficos de la Gran Aceleración (Steffen et al. 2004, 2007, 2015a). En palabras de Steffen:

“El Antropoceno se ha convertido en un concepto unificador extraordinariamente eficaz a la hora de situar en un mismo marco el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la contaminación y otros problemas medioambientales, así como cuestiones sociales como el elevado nivel de consumo, las desigualdades crecientes y la urbanización.

Resulta importante resaltar que el Antropoceno está sentando las bases para una integración más profunda de las ciencias naturales, las ciencias sociales y las humanidades, y contribuyendo al desarrollo de la ciencia de la sostenibilidad mediante la investigación de los orígenes del Antropoceno y sus posibles trayectorias futuras” (Steffen et al. 2020, p. 59)

A finales de la primera década del siglo XXI, momento en que el AWG inicia su investigación (III.3.2), el concepto del Antropoceno era respaldado y utilizado informalmente por la comunidad del Cambio Global (Uhrqvist 2014, Seitzinger et al. 2015). Los proyectos se organizaron sobre la base de una nueva visión del Sistema Tierra y las dimensiones humanas se introdujeron de manera cada vez más explícita. La ciencia del clima y la interacción con el IPCC y la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* (CMNUCC) siguieron adquiriendo mayor importancia, y se desarrollaron numerosas iniciativas destinadas a comunicar la ciencia a los responsables políticos en la toma de decisiones (Uhrqvist 2014). De hecho, en respuesta a la demanda creciente de demostrar su relevancia para resolver problemas sociales, la evaluación interna del IGBP en 2007 impulsó al programa en esta dirección, dándole un mayor valor a la “comunicabilidad” y a la “sostenibilidad”, así como la “interdisciplinariedad” con científicos sociales (*Ibid.*). Otro tanto ocurrió cuando la ICSU y el *Grupo Internacional de Agencias de Financiación para la Investigación del Cambio Global* (IGFA) pasaron revista en 2009 al IGBP. El equipo encargado de la revisión, aunque reconoció las importantes contribuciones del programa a la ciencia y la política, recomendó al IGBP que aumentara el peso de sus valores más prácticos: “a la hora de establecer las prioridades científicas futuras dentro de las actividades relacionadas con el IGBP, la búsqueda de soluciones a los problemas prácticos debe ser mucho más importante de lo que hasta ahora se ha encomendado al IGBP” (ICSU-IGFA 2009, p. 57).

La revisión también aludió al resto de programas integrantes de la *Earth System Science Partnership* (ESSP), subrayando que los “arreglos son cada vez más difíciles de manejar y confusos entre los programas” y que “la mayoría de las personas que aportan evidencia a esta revisión no creen que deba haber cuatro programas con planificación independiente dentro de una década” (*Ibid.*). Así, el ICSU inició un proceso de integración con el objetivo de desarrollar un nuevo programa donde se pasara a desarrollar una investigación con mayor preponderancia de valores ecológicos, especialmente orientados a la sostenibilidad global (Leemans et al. 2009). Fue así como el 31 de diciembre de 2012, la ESSP transicionó a la iniciativa *Future Earth* (2014, V.4.1), donde los proyectos comenzaron a revisar sus planes científicos para abordar el creciente énfasis en los valores políticos y ecológicos, además de valores sociales como la participación de las partes interesadas, el co-diseño de las agendas y la co-producción de conocimiento.

### III.5. Recapitulación

El sucinto repaso histórico visto en este capítulo ha revelado un punto importante a la hora de comprender la axiología histórica subyacente al término “Antropoceno”. Ha mostrado, en concreto, que el origen de este término no fue una casualidad, o una idea espontánea que se propagó por círculos académicos de forma inexplicable. Más bien, el Antropoceno supuso ser una herramienta conceptual valiosa para representar el nuevo paradigma interdisciplinar de la *Earth System Science* (ESS) y la concepción del Sistema Tierra como un nuevo objeto de conocimiento e intervención. Surgió de una matriz colectiva de valores muy específica, permeada por un

ambiente de peligro ante el cambio global antropogénico y la necesidad de sintetizar los resultados del *Programa Internacional de Geosfera-Biosfera* (IGBP), que se guió desde sus inicios por valores tanto epistémicos como políticos y ecológicos. Aquí se ha mostrado el marco histórico-axiológico que impregnó dicha matriz originaria, uno de cuyos resultados fue la conceptualización del Antropoceno como un cambio de estado en el Sistema Tierra.

El *Año Geofísico Internacional* (IGY) llevado a cabo entre 1957 y 1958 supuso un primer punto de inflexión en el estudio global de la Tierra, en tanto que contribuyó en gran medida a cada uno de los campos que componen la geofísica. Esta no fue una iniciativa guiada exclusivamente por valores epistémicos, como abanderaron muchos de sus involucrados, sino que también estuvo íntimamente relacionada con valores militares y geopolíticos, velando siempre por la seguridad nacional de las principales naciones implicadas en el esfuerzo —particularmente en el caso de los Estados Unidos (Doel 2003, Goosen 2020). Como otros tantos proyectos de la *Big Science* impulsada en el período de la postguerra (Solla Price 1973, Sánchez Ron 1994, Echeverría 2003), los miembros del Comité Nacional de Estados Unidos para el IGY otorgaron un gran valor a los vínculos entre las disciplinas implicadas y a las ambiciones de la política exterior estadounidense. En términos generales, puede afirmarse que el IGY dio una serie de resultados notables para la internacionalización de la ciencia y el avance tecnológico, como el lanzamiento del *Sputnik*, la regulación de la Antártida como continente para la investigación científica, la confirmación de la deriva continental o el descubrimiento del calentamiento global (Oreskes 1999). Lo que es relevante aquí, en concreto, es que el IGY implicó la puesta en marcha de un programa mundial de recogida de grandes cantidades de datos orientados a la comprensión de la Tierra como un sistema geofísico, lo que acarrió la colaboración de múltiples disciplinas. A todo ello le sucedieron una serie de iniciativas que fomentarían más adelante el impulso del programa IGBP, como fue el caso del *Programa Biológico Internacional* (IBP) en 1964 o el *Programa de Investigación Atmosférica Global* (GARP) en 1967.

A partir de la década de 1960, también es notable resaltar la emergencia y expansión de los diferentes movimientos ecologistas modernos, así como sus vinculaciones con la práctica científica. Las preocupaciones medioambientales del siglo XX se impulsaron sobre todo a raíz de las aplicaciones de los avances científicos y tecnológicos de la Segunda Guerra Mundial, como las pruebas de bombas atómicas y el uso de plaguicidas químicos (Kroll 2001). En este último caso fue particularmente importante la publicación de *Silent Spring* en 1962, por parte de Rachel Carson. Este libro no fue simplemente sobre pesticidas: tradujo principios ecológicos fundamentales en mensajes medioambientales claros, combinando así valores epistémicos con valores ecológicos incipientes y contraponiéndose a los valores económicos de las grandes empresas, así como a la idea utilitarista de la ciencia como recurso para controlar la naturaleza (Huq & Paul 2012). El impacto de este tipo de obras en la sociedad y el consecuente impulso del movimiento ecologista en las sociedades avanzadas a nivel científico y tecnológico, supuso la aparición de los valores ecológicos contemporáneos a la hora de estudiar científicamente la Tierra, al principio como un sistema de valores reactivo a la ciencia, pero que paulatinamente fue incluyéndose en los propios programas de investigación (Echeverría 2003).

A finales de los 60 y principios de los 70 acontecieron varios eventos que fomentaron un mayor valor a la pronosticación del futuro de la humanidad dentro de un mismo sistema global. Con la fundación del Club de Roma a partir de 1968 y la publicación del informe *Limits to Growth* (Meadows et al. 1972), en concreto, parece que se “abrió el imaginario público a la posibilidad de pensar de nuevo en la relación entre la humanidad y la biosfera” (Garforth 2019, p. 243), y se presentó esa relación en términos de un sistema global interconectado, rehaciendo el planeta como

un objeto unificado de conocimiento científico y un campo de gestión e intervención. El informe también proporcionó nuevos recursos conceptuales a un naciente movimiento ecologista al proyectar de forma holística la dinámica del agotamiento de los recursos naturales, el crecimiento de la población y la expansión industrial a lo largo del próximo siglo para sugerir que la trayectoria del crecimiento capitalista industrial se dirigía inevitablemente hacia el colapso global. Sin embargo, sus modelos y metodologías se deconstruyeron críticamente, y sus resultados desestimados (Blanchard 2010). En el año 1987 diversos gobernantes de todo el mundo desecharon la idea de un solo límite planetario de crecimiento, y pasaron a introducir la noción de “desarrollo sostenible”, que inscribía el desafío ecológico en varios cauces posibles de desarrollo (Brundtland 1987).

Como subraya Garforth (2019), el informe del Club de Roma no introdujo una nueva perspectiva de la crisis ecológica, ni tampoco fueron los únicos en asociar la incertidumbre del futuro con la conciencia medioambiental. Pero sí inauguró una forma de proyectar las trayectorias terrestres que podría pretender ser científica. El sistema mundial sobre el que Meadows et al. (1972) expusieron sus argumentos no era la Tierra empírica de la geología y la ecología, ni la Tierra percibida en la experiencia cotidiana. Era el producto de nuevas prácticas epistémicas que permitieron ver, medir y valorar el globo terráqueo como un objeto visto desde el exterior a través de nuevas tecnologías de visualización y mediante simulaciones informáticas configuradas en los términos lógicos de la teoría de sistemas. Todo ello vino preludiado por las primeras imágenes de la Tierra vistas desde el espacio, que entre 1966 y 1972 ocasionaron un impacto notable en la concienciación planetaria entre la comunidad científica, especialmente dentro de la NASA (Brown 2001, Poole 2008, Spier 2019). Fotografías como “La canica azul”, realizada por la tripulación del Apolo 17 en 1972, sirvieron de base, en buena medida, para un cambio axiológico hacia una visión del planeta menos explotadora, afín a los valores ecologistas y a la concepción de la Tierra como un único sistema. Ejemplo de ello fue la *hipótesis de Gaia* introducida durante la década de 1970 por James Lovelock, científico de la NASA, junto a la bióloga estadounidense Lynn Margulis.

Aunque la concepción de la Tierra como un sistema similar a un organismo viviente que se autorregula fuera criticada por científicos, e incluso ecologistas, sirvió para valorar la gran influencia de la biota en el medio ambiente global. También resaltó la importancia de las interrelaciones que vinculan a los diferentes componentes de la Tierra, en contraposición a la concepción típicamente geofísica del planeta (Warde et al. 2018). En este sentido, en esa misma década de los 1970, la concienciación del cambio climático comenzó a incluir la actividad humana como un factor ineludible en las comprensiones que ya venían emergiendo desde principios de siglo. La “crisis energética” provocada por el petróleo, una serie de catástrofes meteorológicas y el auge de los valores ecológicos en la sociedad situaron el calentamiento global en la agenda política (International Science Council 2022). Y ya en la década de 1980, las principales ideas del cambio climático antropogénico pasaron al ámbito público, incluyendo su vinculación con la quema de combustibles fósiles y otras fuentes humanas de gases de efecto invernadero. Una forma de pensar que se extendió más profusamente a partir de 1985, cuando un grupo de científicos — que incluyó a Paul Crutzen, quien años después propusiera el término “Antropoceno”— alertó de un “agujero” en la capa de ozono y situó los riesgos medioambientales globales a en primera línea de la política científica (Weart 2010, Rubinson 2014, Grevsmühl 2017).

Fue en este contexto histórico-axiológico cuando a mediados de la década de 1980 surgieron una serie de programas —los programas del Cambio Global— impulsados por la cooperación internacional y la interdisciplinariedad, y orientados a la generación de conocimiento útil para

evaluar los cambios futuros de la Tierra. Entre ellos aquí he destacado el *Programa Internacional de Geosfera-Biosfera* (IGBP) que —tras el impulso de la NASA por establecer una nueva ciencia del Sistema Tierra ([NASA Advisory Council 1986](#))— en los años comprendidos entre 1986 y 2000 trabajó en comprender las interacciones entre procesos físicos, químicos y biológicos de la Tierra desde una perspectiva sistémica. El programa se desarrolló dentro un marco científico colaborativo que estuvo en buena parte influido por la conciencia ecológica emergentes y el fenómeno de la globalización ([Seitzinger et al. 2015](#)). Un análisis empírico de sus documentos oficiales muestra, de hecho, cómo sus objetivos emanan de valores no sólo epistémicos, sino también económicos, ecológicos, políticos e incluso básicos, como el “bienestar” y la “supervivencia” de la humanidad.

La matriz colectiva del programa IGBP estuvo vinculada al interés político de tomar acción ante el cambio global, en parte impulsado por el informe *Our Common Future* de Brundtland (1987) y auge de la “sostenibilidad medioambiental” como valor. Muchos agentes implicados pensaron que el IGBP debía ser concebido con el objetivo de proporcionar conocimientos científicos que tuvieran un impacto político inmediato, cosa que generó en sus inicios un conflicto axiológico ([Steffen et al. 2020](#)). La primera fase del programa concluyó con un período crítico de síntesis entre 1999 y 2003, en el que se dio con la integración de componentes del Sistema Tierra. Una de las claves de este proceso se dio en el congreso del IGBP en 1999, donde las acciones humanas fueron vistas como una parte integral del sistema y donde poco después el concepto del Antropoceno pasó a primer plano ([Seitzinger et al. 2015](#), [Steffen et al. 2020](#)). Esto puede observarse en el proyecto de síntesis *Global Change and the Earth System*, que proporcionó la base científica para la Declaración de Ámsterdam —donde se confirmó la realidad del cambio global con los resultados de su primera etapa— y se enfatizó la investigación que respaldaría el nuevo concepto del Antropoceno. Las conclusiones no fueron únicamente epistémicas, en cualquier caso, sino que también se instó el desarrollo de un marco ético y de gestión medioambiental global para abordar los desafíos que planteaba la nueva concepción de la Tierra. A partir de ese momento, se fortaleció la integración de los programas con la conformación de la *Earth System Science Partnership* (ESSP), situando las actividades humanas como parte integral del funcionamiento del Sistema Tierra.

Resulta comprensible, en definitiva, que en este contexto se infiriera un nuevo tiempo geológico para representar adecuadamente la idea de un cambio de estado en el Sistema Tierra provocado por el ser humano. El congreso en Cuernavaca del año 2000 fue un momento clave en la síntesis del programa IGBP, donde el factor humano había cobrado una gran importancia en los últimos años. Y fue en una presentación del proyecto PAGES, involucrado en el registro de datos estratigráficos durante el Holoceno, cuando precisamente Crutzen irrumpió con el nuevo término ([Pearce 2007](#)). La idea de un cambio global antropogénico pivotaba en el contexto social del programa y el propio Crutzen la conocía bien, puesto que años atrás había recopilado evidencias que mostraron cómo los humanos habían supuesto ser el origen del agujero de la capa de ozono ([Crutzen & Arnold 1986](#)), motivo por el cual le fue concedido el Premio Nobel de Química en 1995 y cuyo evento se categorizó ulteriormente como ejemplo de los riesgos de sobrepasar los límites del Sistema Tierra ([Steffen et al. 2020](#)). El surgimiento del término Antropoceno, por tanto, es indisoluble de la matriz colectiva de la ESS, una iniciativa impulsada por la NASA a finales del siglo XX en un contexto axiológico de concienciación medioambiental, internacionalización de la ciencia, colaboración interdisciplinaria, globalización y la necesidad política de gestionar los riesgos de los cambios globales para la especie humana.





## CAPÍTULO V. Estudio comparativo e implicaciones axiológicas en la formalización del Antropoceno

### V.1. Introducción

Ludwik Fleck (1986 [1935]) sostenía que los valores —en conjunción con las normas, conceptos y presuposiciones— que operan en la actividad de los colectivos dirigen y restringen el edificio teórico que elaboran tratando de dar solución a las preguntas planteadas, a las cuales suele responderse en forma de “sí o no” o, a veces, a través de la constatación numérica. Su estudio pivotó alrededor del origen del concepto de sífilis y el descubrimiento de la reacción de Wasserman, y algo similar puede considerarse en torno al origen del concepto Antropoceno bosquejado en el anterior capítulo y la elección de los marcadores estratigráficos que parecen avalar el proyecto de formalización del AWG. Como se ha indicado en el [Capítulo II](#), la Axiología Histórica comienza su investigación atendiendo una situación actual de la actividad científica en la que hay valores en juego y ha de tomarse una decisión. En el [Capítulo III](#) se ha analizado el discurso explícito del AWG y, en este sentido, se han identificado una serie de valores que están ejerciendo un rol inequívoco en el trabajo de recopilación de evidencias. Ahora bien: ¿Cómo puede darse cuenta de la dimensión implícita de su matriz, de la influencia de valores ocultos que no se expresan pero que también podrían ejercer un rol en la investigación estratigráfica y en la decisión final de formalizar la época del Antropoceno?

Tal y como se ha formulado el carácter historiográfico de la Axiología Histórica, una respuesta posible a dicha pregunta puede hallarse realizando un análisis retrocomparativo del contexto histórico-axiológico del Antropoceno esbozado en el [Capítulo IV](#) y la de otros “Antropoceno”: proposiciones surgidas en la tradición geológica que también apuntaban a un nuevo tiempo antropogénico, pero que quedaron en el olvido. Como diría Fleck, “sólo por medio de esa comparación e investigación de las relaciones podemos empezar a comprender nuestra época” (1986 [1935], p. 75), ya que permite comprender por qué una iniciativa como la del AWG ha tenido éxito y apoyo no sólo en base a la satisfacción de valores habituales y bien explicitados en la práctica estratigráfica moderna, sino también a una suerte de *complicidad axiológica* —o “armonía de valores”, si se quiere— con el contexto sociohistórico donde emerge y desarrolla su investigación. Por lo tanto, una vía para reflexionar sobre la influencia de valores implícitos inducidos por dicho contexto es, precisamente, compararlo con otras propuestas parecidas que no experimentaron la misma valoración. Por eso, en el apartado [V.2](#) se mencionarán algunos de los conceptos y formulaciones históricas semejantes al Antropoceno y que no terminaron por germinar como una propuesta formal por parte de la comunidad de estratígrafos, aunque me centraré en profundizar en una de ellas: la “era del Antropozoico” concebida por Antonio Stoppani en 1873.

Si bien la formulación del Antropozoico fue axiológicamente incompatible con el sistema de valores dominante en su época, argumentaré que sus tesis principales podrían haber sido perfectamente consideradas al menos para conformar un grupo de trabajo en base a la satisfacción de los valores explicitados por la *Guía Internacional de Estratigrafía* (Salvador 1994) y la *Guía y Estatutos de la Comisión Internacional de Estratigrafía* (Cowie et al. 1986, Remane et al. 1996). Esto no fue así, sin embargo, a pesar de contener posiblemente tanto o más “mérito estratigráfico” —como se afirmaría para el Antropoceno (Zalasiewicz et al. 2008)— que la enunciación de

Crutzen. Desde el punto de vista axiológico, la razón es clara: el proyecto del AWG valora implícitamente el paradigma interdisciplinar de la ESS y la popularidad de su particular concepción —tanto descriptiva como prescriptiva— del Sistema Tierra. De ahí que en el apartado V.3 dé cuenta de algunas consideraciones a prever y prevalorar en la decisión final de formalización por parte de las correspondientes instituciones geológicas. Una eventual inclusión de la época del Antropoceno en la *Tabla Cronoestratigráfica Internacional* (ICC) supondría la asunción de nuevos valores en la práctica estratigráfica, aunque éstos no se hagan explícitos.

## V.2. Axiología comparada: Antropozoico y Antropoceno como alternativas históricas

La idea de que el conjunto de la humanidad es un agente geológico que altera la Tierra no es, ciertamente, novedosa en el pensamiento occidental. Basten recordar las nociones de Francis Bacon o René Descartes en torno a la carácter dominante y transformativo del mundo natural por parte de la humanidad para dar cuenta de ello<sup>148</sup>. Sin embargo, las formas en que este tipo de pensamientos se han ido integrando en el discurso geológico —y, más concretamente, en la nomenclatura estratigráfica para clasificar la historia de la Tierra— han variado sustancialmente. Quizás la primera referencia significativa en el mundo occidental se encuentra en *Les Époques de la Nature* de Georges Louis Leclerc de Buffon, una influyente obra publicada en 1778 donde, por primera vez, se describió sistemáticamente la historia de la Tierra de forma cronológica y en base a pruebas empíricas<sup>149</sup>. Al igual que Joseph Black, Adam Smith, James Hutton o James Watt, Buffon fue un pensador de la Europa anterior a la Revolución Industrial, un intelectual del “Siglo de las Luces” y uno de los muchos naturalistas que consideraron el rol del ser humano en la historia geológica de nuestro planeta (véase [Glacken 1956](#)).

Más adelante, la idea del ser humano como agente de transformación del planeta surgió en una sucesión de publicaciones geológicas y naturalistas afines durante la segunda mitad del siglo XIX. El manual de geología *Age of Mind and Era of Man*, publicado en 1863 por el geólogo norteamericano James Dwight Dana, o las cartografías de los estratos urbanos como una unidad geológica a manos de Eduard Suess en 1862, son ejemplos de una “antropogeología” ya practicada desde la Revolución Industrial ([Häusler 2017](#)). Por su parte, el geólogo y teólogo galés Thomas Jenkyn escribió en 1854 acerca de una “época humana” a la que se refirió como un

---

<sup>148</sup> En el artículo “Changing Ideas of the Habitable World” publicado por Clarence J. Glacken en 1956 se muestra, por ejemplo, cómo desde la Antigüedad se reflexionaba sobre cómo los humanos se relacionaban con el planeta, como fue el caso de Lucrecio cuando pensaba en una Tierra que se “cansaba por el peso de una creciente población humana” (p. 71). Desde las primeras nociones griegas hasta las ideas de Alexander von Humboldt, este tipo de reflexiones ha sido frecuente en la historia del pensamiento, aunque la consideración de establecer una unidad formal en la historia de la Tierra a causa de la actividad humana apareció a finales del siglo XVIII con Georges Louis Leclerc, conde de Buffon (*Ibid.*).

<sup>149</sup> En este libro pionero, las siete “épocas” representaban fases distintas de la historia de la Tierra, desde su enfriamiento inicial hasta la formación de los océanos y el descenso del nivel del mar, la meteorización de las rocas primordiales y la deposición de los estratos sedimentarios, el origen y la progresión de las sucesivas y diferentes formas de vida ([Glacken 1956](#), [Grinevald et al. 2019](#)). Para Buffon, la “séptima y última época” comenzó cuando el poder del “hombre civilizado” —en oposición a los “salvajes” — fomentó la modificación de los procesos clave de la Tierra, como la temperatura regional y las precipitaciones que alteraban los patrones de vegetación y quema de carbón. Al intentar describir cómo los mecanismos planetarios clave —formación de la corteza, nivel del mar, vulcanismo, etc.— podían estar interconectados y cómo podían evolucionar a lo largo del tiempo, Buffon fue un pionero de la historia de la Tierra, en donde la incorporación tardía de la participación humana en la historia de la Tierra se situaba en el mismo marco intelectual (*Ibid.*).

“Antropozoico” que dejaría un futuro registro fósil (Lewis & Maslin 2015). Ese mismo término también sería utilizado en 1865 por Samuel Haughton y, especialmente, por el autor en el que ahondaré en mayor medida aquí: Antonio Stoppani, un geólogo y sacerdote italiano que en 1873 propuso, en base a criterios estratigráficos, considerar la “era del Antropozoico” como una nueva unidad de tiempo geológico. Su obra tuvo poco impacto y no fue redescubierta hasta la década de 1980 por William Clark, pero es particularmente interesante para comprender comparativamente el rol de los valores a la hora de evaluar el éxito y aceptación de este tipo de formulaciones, así como la ineludible influencia del contexto sociohistórico donde se evalúan.

En general, la historia de esta categoría de pensamiento —la que refiere al entendimiento del ser humano como agente de cambio geológico— es todavía un tema debatido y de investigación emergente, particularmente tras las primeras sugerencias de Crutzen (2002) sobre los “precursores” históricos del Antropoceno tanto de forma muy concisa (p. ej.: Steffen et al. 2011) como de forma más sistemática y completa (p. ej.: Grinevald et al. 2019). Sin embargo, como ya he señalado en II.2, este tipo de historiografías intelectuales —mayoritariamente ligadas al proyecto IHOPE— están predominadas por un presentismo positivista que confiere una justificación científica a la conceptualización del Antropoceno por parte de la ESS. Aquí, por el contrario, retomaré la propuesta de Stoppani desde una perspectiva crítica con el discurso actual: no como un “precursor” del Antropoceno, sino como un antecedente que bien podría haberse considerado como alternativa de investigación estratigráfica.

### V.2.1. El *Corso di Geologia* de Antonio Stoppani [1871-1873]

El geólogo, paleontólogo, sacerdote católico y patriota italiano Antonio Stoppani (Ilustración 15) fue, además de uno de los fundadores de la sociedad italiana de geología (Lucchesi 2017), uno de los primeros en proponer un tiempo geológico nuevo dominado por las actividades humanas. Nacido en Lecco —región de Lombardía— en 1824, fue un hombre multifacético, interesado en la ciencia, la filosofía, la teología, la música, la política y la literatura. Sus diversos intereses, así como su contexto político y social —la unificación de Italia, en particular— jugaron un papel influyente en sus propias concepciones y actividades científicas (*Ibid.*). Stoppani fue sobre todo conocido como un gran conferenciante, conversador y divulgador de las ciencias de la Tierra: sus contemporáneos le consideraban “el poeta de la geología” (Nangheroni 1975), gracias a su carácter extrovertido y al entusiasmo empleado en sus lecciones y exposiciones. De hecho, fue uno de los primeros científicos que valoró y comunicó la importancia de las ciencias de la Tierra como medio para el crecimiento cultural y humano de la sociedad, e incluso se le puede considerar como uno de los primeros impulsores del pensamiento geoético (Lucchesi 2017). Su amplia producción científica —recogida tanto en libros científicos como en escritos informales— fue, de esta manera, impulsada por su propia axiología, donde muchas veces valores sociales, políticos y religiosos ejercieron un rol directo en la elección de sus temas de investigación, así como en los propios contenidos epistémicos.

En particular, Stoppani se dio cuenta de que los seres humanos eran capaces, con el uso de la razón, de moldear activamente la superficie de la Tierra, cosa que le llevó a definir a los humanos como un “agente geológico” (Nangheroni 1975). Tras comprender la importancia del “impacto humano en la naturaleza”, vio necesario proponer un nuevo tiempo en la historia de la Tierra, cosa que vino recogida en la obra científica *Corso di Geologia* (Ilustración 16), publicada en tres volúmenes entre 1871 y 1873. En el volumen dedicado a estratigrafía, y recogiendo el legado de

algunos naturalistas y ecologistas pioneros, Stoppani introdujo la idea de la “era del Antropozoico”<sup>150</sup>, afirmando que con “la creación del Hombre” como elemento absolutamente nuevo y divino en la historia de la Tierra, el “Hombre civilizado” —en oposición a los antiguos paganos— se había convertido en “una nueva fuerza telúrica que, por su fuerza y universalidad, no palidece ante las fuerzas más grandes del globo” (Stoppani 1873, p. 732). Con la era del Antropozoico, Stoppani elaboró todo un corpus teórico que relacionó al ser humano con el tiempo profundo de la Tierra, y ello trece décadas antes de que Crutzen y Stoermer propusieran la época del Antropoceno. Eso sí: su teoría se basó en tesis creacionistas, rechazando la teoría científica de la evolución. Y es que, aunque Stoppani era muy consciente de los avances de la ciencia geológica en Europa, también fue un declarado partidario del *concordismo*, es decir, de la plena concordancia entre una interpretación alegórica de la Biblia y los resultados de la investigación geológica<sup>151</sup>.

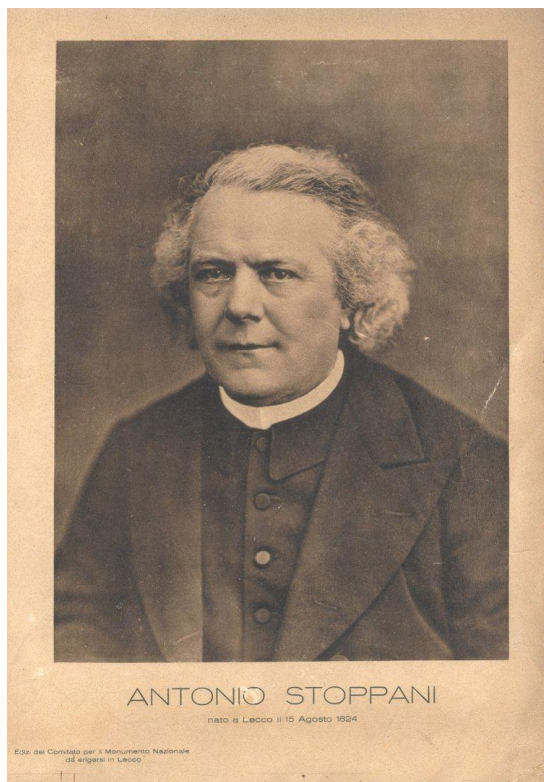


Ilustración 15. Antonio Stoppani [24 de Agosto de 1824-1 de Enero de 1891]. Fuente: Comité para el Monumento Nacional erigido en Lecco.

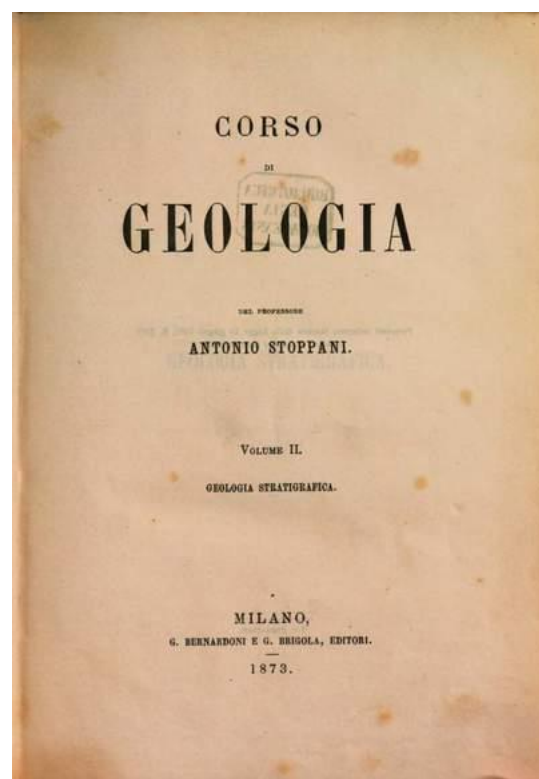


Ilustración 16. Portada del segundo volumen dedicado a estratigrafía, de *Corso di Geologia*. Edición de 1873 de G. Bernardoni y G. Brigola. Fuente: Comité para el Monumento Nacional erigido en Lecco.

<sup>150</sup> Con ello se refirió a una era como unidad geocronológica, es decir, al tiempo correspondiente a un eratema. Se trata de una de las mayores divisiones del tiempo geológico, dividiéndose en períodos —y estos, a su vez, en épocas— y sólo superado por los eones (véase [Tabla 2](#) en [III.3.1](#)).

<sup>151</sup> Esto le llevó a que, en sus últimos años de vida, se convirtiera en una referencia para algunos geólogos católicos italianos y antievolucionistas, especialmente con la difusión de algunos escritos sobre la disposición de los clérigos en la confrontación entre el conocimiento científico y las creencias religiosas (Stoppani 1884), sobre la “Cosmogonía mosaica” (Stoppani 1887) y sobre una narrativa creacionista basada en la conjunción de fe y razón (Stoppani 1893), donde criticó a los partidarios del “hombre-mono” (Vaccari 2015).



Primeramente, conviene resaltar que la idea de una unidad temporal geológica específica para la transformación de la Tierra por la acción humana parece ser tan antigua como la geología como disciplina (Häusler 2017, Lewis & Maslin 2018). Como se ha mencionado anteriormente, el uso del término “Antropozoico” para dicha unidad temporal data de mediados del siglo XIX, antes de que Stoppani desarrollara su tesis en 1873. En 1854 el geólogo y teólogo galés Thomas Jenkyn ya denominaba como “antropozoicas” a las rocas formadas desde el poblamiento inicial de la Tierra. Y otro tanto sucedería con el geólogo y sacerdote irlandés Samuel Haughton, quien utilizó en 1856 el mismo término para denominar la época en la que vivimos —para quien, por cierto, también comenzó con la aparición de los primeros seres humanos (Vaccari 2015). La preocupación por las posibles consecuencias ambientales de las actividades humanas también se remonta a varios siglos atrás (Lewin & Maslin 2018), donde destaca George Marsh, un filólogo y diplomático estadounidense, quien fue uno de los pioneros de los movimientos conservacionistas y medioambientalistas modernos. En su obra titulada *Man and Nature* de 1864, Marsh clasificó los daños sobre los ecosistemas originados por la actividad humana y sugirió vehementemente a la sociedad a ser más conscientes del gran impacto que estaban teniendo las acciones humanas (Rull 2021). Ya en la reedición de su libro en 1874, *The Earth as Modified by Human Action*, Marsh se refirió así a la propuesta de Stoppani realizada tan sólo un año antes:

“En un capítulo anterior hablé de la influencia de la acción humana sobre la superficie del globo como inmensamente superior en grado a la ejercida por los animales brutos, si no esencialmente diferente de ella en especie. El eminente geólogo italiano Stoppani va más allá de lo que yo me había aventurado a hacer, y trata la acción del hombre como un nuevo elemento físico totalmente *sui generis*. Según él, la existencia del hombre constituye un período geológico que designa como la era del Antropozoico. ‘La creación del hombre’, dice, ‘fue la introducción de un nuevo elemento en la naturaleza, de una fuerza totalmente desconocida en los períodos anteriores’” (Marsh 1874, p. 609).

Asimismo, antes de la proposición de Stoppani, el zoólogo alemán Ernst Haeckel había utilizado en 1868 la expresión “período antropozoico” para definir la “era del hombre”, que consideraba equivalente al Cuaternario y la caracterizaba por “el desarrollo y la dispersión de los organismos humanos y su cultura” (Rull 2021, p. 29). Según Kutschera y Farmer (2020), el vocablo “Antropozoico” pasó a ser de uso común cuando Stoppani, seguramente por influencia de Marsh durante su estancia en tierras italianas, planteó que los efectos del ser humano sobre el planeta eran lo suficientemente notorios, vastos e importantes como para que se definiera todo un nuevo tiempo geológico, la así denominada “era del Antropozoico”.

Por otra parte, hay que señalar que la proposición del Antropozoico por parte de Stoppani se situó en un marco de reglas y conceptos —y de valores, por tanto— notablemente distinto al que ha dado lugar a actual *Tabla Cronoestratigráfica Internacional* (ICC). Stoppani publicó su *Corso di Geologia* un par de décadas después de la publicación de la primera tabla cronoestratigráfica jerarquizada basada en fósiles, la cual fue impulsada por Charles Lyell en 1855 y constituía la referencia más aceptada en aquel momento<sup>152</sup> (Ilustración 18). Hay que tener en cuenta que, en

---

<sup>152</sup> Lyell había subdividido el Fanerozoico en el Paleozoico, o Era Primaria, y el Neozoico, que a su vez se dividía en las eras Secundaria y Terciaria. Dentro de la era del Mesozoico, o era Secundaria, se plantearon tres unidades diferentes: Jurásico, Triásico y Cretácico. La era Cainozoica —o también llamada Cenozoica o era Terciaria— se subdividía en el Mioceno, el Eoceno, y el Plioceno. Los tiempos más recientes fueron

aquellos tiempos, no existía una organización internacional como la actual *Comisión Internacional de Estratigrafía* (ICS) dedicada a formalizar y unificar las unidades estratigráficas<sup>153</sup>. Tampoco se disponía de edades absolutas en millones de años antes del presente para los límites entre las diferentes unidades estratigráficas, ya que los mecanismos radiométricos de datación se inventaron a principios del siglo XX y no se hicieron habituales hasta los años 30 (Gohau 1991). Por otra parte, como señala Rull (2021), la actual delimitación entre unidades cronoestratigráficas —serie, sistema y eratema— y sus unidades geocronológicas correlativas —época, periodo y era— no estaban normalizadas. De modo que Stoppani se inspiró básicamente en el marco estratigráfico de Lyell, salvo en la parte temporal más reciente, donde diferenció la era del Neozoico, caracterizada por las glaciaciones del Cuaternario, y la era del Antropozoico, caracterizada por las manifestaciones geológicas producidas por la actividad humana.

En el segundo volumen de *Corso di Geologia* (1873), Stoppani comenzó el capítulo XXXI —véase ANEXO IV— reconociendo que las formaciones rocosas que representaban esa nueva era eran para la mayoría de los geólogos sólo un apéndice de las formaciones cuaternarias que caracterizaban la era del Neozoico: “Esas formaciones, que están a punto de presentarnos una gran nueva era, no son para los geólogos más que un último y menor apéndice de los terrenos cuaternarios sobre los que hemos fundado el Neozoico” (p. 731). Por eso afirmó que la definición de la nueva era sobre la base de una evidencia sedimentaria tan tenue en comparación con las eras anteriores “escandalizará a muchos geólogos” (*Ibid.*). Podemos afirmar, de hecho, que Stoppani elaboró su propuesta en base a una serie de valores epistémicos significativamente distintos a los dominantes previamente entre los geólogos. Para él, por ejemplo, centrarse la “durabilidad” de los intervalos de tiempo como criterio axiológico no era más acertado, sino que ante todo valoró la “disruptividad” de lo que ocurrió en ellos, destacando en particular el comienzo de la existencia del ser humano a través de su “creación divina” (p. 732).

Desde una perspectiva axiológica pluralista y sistémica, por tanto, podríamos decir que los valores epistémicos que guiaron su trabajo se coaplicaron con otros valores no epistémicos, concretamente religiosos y morales. Para Stoppani, el ser humano era “un agente, tal vez nuevo, ciertamente todavía inexperto de su poder [...] llamado a dar los últimos toques a la obra de los tiempos” (p. 733). En su visión creacionista queda claro que el “Hombre” es el último de los agentes implicados en la evolución de la Tierra, un “agente nuevo” capaz de “imponerse a la naturaleza” (*Ibid.*), de interactuar con ella y de modificarla con su acción. Y señaló que la disrupción en la historia de la Tierra producida por la creación del hombre era importante no sólo en términos religiosos y morales, sino también en términos epistémicos, ya que los humanos constituían una nueva fuerza telúrica que, por su intensidad y universalidad, no palidecía ante las mayores fuerzas del planeta. De ahí que optara por el valor de la “disruptividad”, en detrimento de la “durabilidad”, a la hora de identificar diferentes tiempos geológicos:

“¿Cuándo, repito, se han dividido las épocas en función de su duración? ¿No es cierto, como he dicho, que, para las divisiones en la historia, no ha sido siempre la duración del período, sino la importancia de sus acontecimientos, el medidor? Reforzando la

---

calificados por Lyell como Post-Terciario en lugar de Cuaternario, aunque al parecer este vocablo ya había sido propuesto unos años antes por Desnoyers (véase Häusler 2017, Rull 2021).

<sup>153</sup> Ésta fue fundada décadas después, como parte de la *Unión Internacional de Ciencias Geológicas* (IUGS). La IUGS se fundó en 1961 como reacción a la necesaria coordinación de los programas internacionales en geociencia entre los Congresos Geológicos Internacionales que se venían celebrando desde 1875 (IUGS 2022).



comparación entre la historia y la geología, y hablando de la era del Antropozoico en particular, es necesario reflexionar sobre cómo la introducción de un nuevo elemento, una nueva fuerza —que dio a la humanidad o a una nación un nuevo aporte, que separó lo nuevo de lo viejo, construyendo sobre las ruinas de un antiguo edificio político, intelectual o moral los cimientos de uno nuevo— sirvió especialmente para fechar las épocas de las historias tanto universales como de las historias particulares [...] Es en este sentido, precisamente, que no dudo en proclamar la era del Antropozoico. La creación del hombre constituye la introducción en la naturaleza de un nuevo elemento con una fuerza en absoluto conocida en los mundos antiguos. Y, atención, que estoy hablando de mundos físicos, ya que la geología es la historia del planeta y no, ciertamente, del intelecto y la moral” (Stoppani 1873, p. 734).

Como consecuencia, Stoppani señaló que, aunque sólo estuviéramos situados en los primeros estadios del nuevo tiempo, el registro geológico del ser humano ya era lo suficientemente marcado. Refirió al respecto varios casos que mostraban la manera en que las actividades humanas habían variado las pautas naturales transformando los procesos geológicos y, por tanto, influenciando en la conformación de las rocas que se estaban generando. En concreto, aludió a la enorme extensión de tierras cultivadas en comparación con las pocas que aún permanecían presuntamente intactas (p. 14). También destacó las obras ingenieriles que habían trastocado los cauces naturales de agua y habían reducido —e incluso suprimido— las llanuras aluviales, modificando así la dinámica sedimentación habitual:

“Las actividades mineras han destruido montañas enteras y han excavado innumerables galerías para extraer y agotar en pocos años lo que la naturaleza ha tardado millones de años en construir. La construcción de grandes ciudades y las infraestructuras de comunicación asociadas reemplazan progresivamente el terreno debido a las manifestaciones de la industria humana. Ni siquiera el mar escapa a la dominación humana, ya que los entornos litorales son constantemente modificados por la construcción de presas y la desecación de las lagunas litorales para ganar tierras de cultivo. La atmósfera también se ve modificada por las emisiones generadas por la industria y los incendios” (p. 735).

Su diagnóstico no se quedó, en cualquier caso, en una descripción general de los efectos visibles externos del momento. También destacó que los residuos resultantes de las actividades humanas habían empezado a acumularse siguiendo las leyes estratigráficas, de forma similar a como Zalasiewicz et al. (2008) argumentaron que el Antropoceno tenía “mérito estratigráfico” suficiente como para considerar su formalización. Según Stoppani, ya era posible el análisis y la identificación de rocas antropogénicas y clasificar los estratos en base a las diversas culturas que las habían ocasionado. Y subrayó la posibilidad de estudiar series de estratos en las que se pudiera interpretar la evolución de las generaciones humanas, al igual que la historia de las antiguas faunas marinas conservadas en las rocas de origen marino permitían dar cuenta de la historia de la Tierra (Stoppani 1873). Como ejemplos de estas rocas de origen humano mencionó los yacimientos arqueológicos, que además de fósiles, contenían también tipos de herramienta y otros restos de diversos materiales que atestiguaban los cambios en las sociedades humanas del pasado. De

hecho, Stoppani denominó “reliquias humanas” (p. 736) al conjunto de todos los productos resultantes de las actividades humanas, que recuerdan a los “tecnofósiles” que hoy se conciben en la investigación del AWG (Zalasiewicz et al. 2019, véase III.3) y que conforman la denominada “tecnosfera física”<sup>154</sup>.

Es claro que en la segunda mitad del siglo XIX no existía aún un procedimiento convenido para establecer un “pico dorado” —lo cual llegaría a partir de la década de 1960 (Häusler 2017)— y fijar un inicio cronoestratigráfico oficial al Antropozoico, ni tampoco una *Guía Internacional Estratigráfica* (Salvador 1994) o una *Guía y Estatutos de la Comisión Internacional de Estratigrafía* (Cowie et al. 1986, Remane et al. 1996), tal y como hoy rigen la práctica estratigráfica. Pero, tras describir la era del Antropozoico y presentar sus principales características, Stoppani indagó en las formaciones geológicas que debían contener las primeras huellas humanas y en la naturaleza de éstas, que para él marcaban el inicio del Antropozoico. Así, estimó que los sedimentos contenedores de rastro humano debían ser casi exclusivamente terrestres, superficiales y más bien recientes. Y de ahí infirió que los marcadores posiblemente más adecuados para fijar el inicio del Antropozoico podían basarse en (i) yacimientos arqueológicos, (ii) deslizamientos de tierra sedimentos lacustres y marinos, (iii) sedimentos de inundaciones, (iv) sedimentos deltaicos, de maceración y otros sedimentos litorales, (v) turberas y depósitos similares, (vi) guano y otros depósitos recientes de origen animal, (vii) morrenas y otros depósitos glaciares, (viii) sedimentos volcánicos y, finalmente, (ix) formaciones marinas elevadas depositadas recientemente (Stoppani 1873, pp. 738-751).

Todas estas formaciones debían satisfacer una serie de valores epistémicos en forma de criterios estratigráficos, mineralógicos y paleontológicos. Estratigráficamente, por ejemplo, los depósitos debían contener sedimentos suficientemente neozoicos y la mineralogía de los depósitos antropozoicos debía ser “coherente con la mineralogía del terreno circundante del que proceden” (p. 741). Asimismo, desde el punto de vista paleontológico, los fósiles contenidos en los sedimentos debían “corresponderse con los géneros de fauna y flora aún vivos” (p. 742). Los más característicos de estos fósiles serían antropogénicos, ya sean en forma de restos humanos propiamente dichos —huesos, por ejemplo— o de artefactos fabricados por el hombre —como los productos industriales. Con estas y otras consideraciones axiológicas similares, Stoppani sentó las bases para una definición formal del Antropozoico en términos cronoestratigráficos, identificando los posibles estratotipos y definiendo claramente los marcadores estratigráficos necesarios. Como recalca Rull (2018), se trató de un avance crucial y necesario para transformar la idea de una nueva unidad de la historia de la Tierra basada en los impactos humanos en una nueva unidad estratigráfica caracterizada por las manifestaciones geológicas de dicha influencia humana.

Una vez aclaradas las posibles formaciones representativas y marcadores cronoestratigráficos diferenciales del Antropozoico, Stoppani abordó asimismo las principales cuestiones geocronológicas, haciendo hincapié en el límite temporal que daría comienzo a la nueva era. El autor destacó que, además de los huesos humanos, se disponía de otros vestigios que registraban la presencia humana —como armas, herramientas, construcciones, restos de trabajo y productos industriales y artísticos—, cosa que en principio representaba una ventaja a la hora de establecer un inicio temporal. Sin embargo, establecer la época de la primera aparición humana en la Tierra

---

<sup>154</sup> La tecnosfera física (Haff 2014) es entendida como un conjunto de elementos artificiales depositados en los estratos como resultado de más de un siglo de desarrollos tecnológicos y de la intensificación de los impactos humanos sobre la Tierra, pero puede afirmarse que la idea sigue siendo la misma referida por Stoppani (Rull 2021).

seguía siendo un inconveniente por el momento insalvable (Lewis & Maslin 2018). Estas dificultades provenían de las distribuciones geográficas de las sociedades humanas en comparación con las animales, que presentaban distribuciones espaciales más restringidas. De ahí que fuera más complicado fijar el lugar y el momento de la emergencia de la especie humana. Stoppani mencionó que las pruebas lingüísticas, arqueológicas e históricas parecían indicar que Asia central, concretamente la región aralo-cáspica, era “el lugar de origen más probable desde donde los humanos se dispersaron al resto de los continentes” (1873, p. 769). Sin embargo, las pruebas geológicas seguían sin ser suficientes para confirmarlo. En su contexto histórico, la gran mayoría de evidencias geológicas disponibles estaban contenidas en el continente europeo, especialmente en las regiones mediterráneas. Esta es la razón por la que Stoppani se centró en el Antropozoico europeo, es decir, en los comienzos de la cultura europea para después tratar de extender la noción a otras regiones.

En primer lugar, Stoppani trató de argumentar que las antiguas hipótesis sobre un posible origen humano en el Neozoico no se basaban en un fundamento sólido. Según él, la búsqueda del “hombre glacial” o del “hombre terciario” era textualmente “una pérdida de tiempo”, y la evidencia científica aportada para tales proposiciones eran no sólo criticables, sino también “ridículas” en varias ocasiones (1873, p. 770). Después de un minucioso examen de todas estas pruebas y su descarte como prueba del origen del *Homo*, Stoppani afirmó que en el continente europeo los primeros indicadores de origen inequívocamente humano debían ser postglaciares — es decir, postneozoicos — y, por tanto, que los europeos más primitivos fueron los arqueolíticos. La conclusión fue que los humanos eran la especie viva más joven, aunque no pudo precisar una edad absoluta por falta de cálculos fiables (Lewis & Maslin 2018, Rull 2021). Otra derivación fue la afirmación de la existencia de una única especie humana y que la teoría evolucionista propuesta por Darwin, según la cual la especie humana había provenido de los simios, no se sostenía. A partir de aquí, Stoppani pasó el testigo a la arqueología, la etnografía y la lingüística como disciplinas adecuadas para estudiar el desarrollo de la cultura humana y establecer un inicio geocronológico del Antropozoico<sup>155</sup>.

En cuanto a la duración del Antropozoico, Stoppani sostuvo que se trataba de un enigma, ya que no se podía predecir en absoluto el final de la era. Subrayó que el Antropozoico no era tanto un conjunto de siglos que ya han pasado, sino más bien de los que serán. En otras palabras: su propuesta refería ante todo sobre el futuro de la Tierra, de forma similar a la orientación del AWG (III.4.2). A modo de ejemplo, de hecho, Stoppani imaginó una Tierra futura hipotética en la que los seres humanos se habían extinguido y que criaturas extraterrestres inteligentes podían visitar. De un modo muy similar a como sugería Zalasiewicz en su libro *The Earth After Us: What legacy will humans leave in the rocks?* (2008), previo a la conformación del AWG (III.2.2), Stoppani se preguntó si sería posible que estos seres inteligentes pudiesen reconstruir la historia de nuestro tiempo a partir de las pruebas geológicas. Su respuesta fue que sí serían capaces de hacerlo, pero sólo si tuvieran en cuenta un nuevo elemento en la ecuación: el ser humano. En su intento de analizar nuestra geología, para el científico italiano estos futuros geólogos acabarían escribiendo la historia de la conciencia humana.

---

<sup>155</sup> En este contexto, Stoppani subdividió la era del Antropozoico en época prehistórica y época histórica. La época prehistórica se subdividía a su vez en la edad de piedra, que incluye la edad del bronce, el neolítico y el arqueolítico —ahora paleolítico. La edad del hierro fue lo que, según él, caracterizó la época histórica. De ahí que Stoppani adaptara las subdivisiones arqueológicas que había a la historia de la humanidad como las unidades estratigráficas antropozoicas (véase Stoppani 1873, pp. 800-829).

## ABRIDGED TABLE OF FOSSILIFEROUS STRATA.

1. RECENT.		<b>POST-TERTIARY.</b>		
2. POST-PLIOCENE.				
3. NEWER PLIOCENE.		<b>PLIOCENE.</b>	TERTIARY or CAINOZOIC.	
4. OLDER PLIOCENE.				
5. MIOCENE.		<b>MIOCENE.</b>		
6. UPPER EOCENE.				
7. MIDDLE EOCENE.		<b>EOCENE.</b>		
8. LOWER EOCENE.				
9. MABSTRICHT BEDS.				
10. UPPER WHITE CHALK.				
11. LOWER WHITE CHALK.			NEOZOIC.	
12. UPPER GREENSAND.		<b>CRETACEOUS.</b>		
13. GAULT.				
14. LOWER GREENSAND.				
15. WEALDEN.				
16. PURBECK BEDS.				
17. PORTLAND STONE.				
18. KIMMERIDGE CLAY.				
19. CORAL RAG,				
20. OXFORD CLAY.		<b>JURASSIC.</b>		
21. GREAT or BATH OOLITE.				
22. INFERIOR OOLITE.				
23. LIAS.			SECONDARY or MESOZOIC.	
24. UPPER TRIAS.				
25. MIDDLE TRIAS, or MUSCHELKALK.		<b>TRIASSIC.</b>		
26. LOWER TRIAS.				
27. PERMIAN, or MAGNESIAN LIMESTONE.		<b>PERMIAN.</b>	PRIMARY or PALEOZOIC.	
28. COAL-MEASURES.				
29. CARBONIFEROUS LIMESTONE.		<b>CARBONIFEROUS.</b>		
30. UPPER				
31. LOWER		<b>DEVONIAN.</b>		
32. UPPER				
33. LOWER		<b>SILURIAN.</b>		
34. UPPER				
35. LOWER		<b>CAMBRIAN.</b>		

*Ilustración 21. Tabla cronostratigráfica de Charles Lyell (1855, p. 109), "tabla abreviada del estrato fosilífero". El Corso di Geologia de Antonio Stoppani se publicaría en 1873 donde, basándose en la tabla de Lyell, el Antropozoico se situaría después del Neozoico, (Fuente: Cambridge University Library. Reproducción autorizada).*

## V.2.2. El Antropozoico: de “precursor” a unidad estratigráfica alternativa

Las razones por las que la propuesta de Stoppani no acabara formulándose como una unidad geológica formal, a pesar de que estuviera minuciosamente documentada, puede en parte comprenderse en clave histórico-axiológica. Esta perspectiva no basta para comprender la totalidad de un suceso histórico, por su puesto, en tanto que también entran en juego cuestiones materiales, ideológicas, etc., pero sí que permite subrayar la importancia de la dimensión estimativa a la hora de entender el avance histórico de la ciencia.

En este caso, concretamente, puede decirse que el sistema de valores en base al cual Stoppani gestó su teoría no compatibilizó con varios de los valores dominantes en su contexto. Quizás el conflicto axiológico más notorio se dio con el hecho de que el geólogo italiano partiera de concepciones y valores religiosos que ciertamente confrontaron con el valor que se otorgaría a la teoría de la evolución de Charles Darwin tras la publicación en 1859 de *On the Origin of Species* —cuya primera traducción al italiano se realizó en 1864, apenas seis años antes del *Corso di Geologia* de Stoppani (Nangheroni 1975). Y es que durante la segunda mitad del siglo XIX y en los primeros años del siglo XX, el debate sobre la teoría darwiniana no solo se produjo en el contexto anglosajón, sino que involucró también a sociedades católicas como la del Reino de Italia, establecido en 1861. Uno de los resultados menos conocidos de esta acogida conflictiva fue la defensa del creacionismo por parte de geólogos y naturalistas, aunque también de clérigos y párrocos desconocidos que, atraídos por las ciencias de la Tierra, generaron una heterogénea literatura “sumergida” (Vaccari 2015).

Entre estas figuras italianas de la segunda mitad del siglo XIX figuró Stoppani que, como he mencionado en el anterior subapartado, partió de valores anti-darwinistas y asumió que con la “creación del Hombre” como un elemento absolutamente nuevo y divino en la historia de la Tierra, el “Hombre civilizado” suponía ser una nueva fuerza de transformación de la Tierra. Este “Hombre civilizado” era, según Hamilton y Grinevald (2015), una noción religiosa y etnocéntrica tradicional, coherente con la época y su fe. Y, de hecho, posteriormente publicó un libro titulado *Cosmogonia Mosaica: Triplice saggio di una esegesi della storia della creazione* (Stoppani 1887), con el que trató de compatibilizar su perspectiva religiosa y estratigráfica. Al igual que hiciera el geólogo y paleontólogo jesuita Teilhard más adelante, Stoppani fue un ardiente partidario del concordismo entre la ciencia y la visión cristiana del hombre y la naturaleza, y siguiendo la interpretación medieval occidental de la Biblia, la “nueva fuerza telúrica” de la que hablaba creó, según la voluntad de Dios, un nuevo tiempo en la historia de la Tierra (Hamilton & Grinevald 2015).

Para el desarrollo del concordismo a finales del siglo XIX y principios del XX, el debate en torno al darwinismo fue esencial, pero no lo suficientemente fuerte como para afectar a la herencia racional y secular del siglo XVIII en las ciencias geológicas mantenida por la mayoría de los geólogos italianos. De ahí que, según Vaccari (2015), estos intentos de conciliación se fueran desvaneciendo a mediados del siglo XX, incluidas teorías como la del Antropozoico. Esto parece que se debió asimismo a la reducción del papel de la divulgación científica en el estado italiano, algo que posiblemente provocó un mayor distanciamiento entre religión y geología en las comunidades epistémicas de Italia<sup>156</sup>. También podría señalarse, en parte por ello, que la obra de

---

<sup>156</sup> Entre las causas de este proceso también se podrían identificar aspectos políticos, sociales e ideológicos. Sin embargo, como señala Vaccari (2015), este tema no ha sido suficientemente investigado y se necesitan más estudios históricos.



Stoppani publicada en italiano no llegara a traducirse a otros idiomas, por lo que su valoración en otras comunidades se vio limitada. Ambos factores, tanto la compatibilidad con los paradigmas científicos dominantes como el grado de difusión de su propuesta, dan una explicación de la importancia de las condiciones contextuales para que una idea sea valorada y aceptada socialmente (Fleck 1986 [1935], Longino 1990).

Tales factores están igualmente presentes cuando estudiamos el concepto del Antropoceno y, sobre todo, al estudiar por qué éste está teniendo un éxito del que no gozó el Antropozoico en su día. Fleck ya decía que la popularización tiene una importante función en la actividad científica, a pesar de que a menudo sea algo poco consciente en las mentes de los investigadores (Fleck 1986 [1935]). En ella se manifiesta un “sentido común”, una “personificación del colectivo de pensamiento en la vida cotidiana” que debe considerarse como el “donante universal para muchos colectivos especiales” (p. 72). Es precisamente la popularidad de una proposición, en tanto grado de difusión intercolectiva y de compatibilidad axiológica con el contexto histórico donde se inserta, lo que puede quedar manifestado en un estudio comparativo del Antropoceno y el Antropozoico como dos propuestas parejas con historias de éxito y aceptación notablemente distintas.

A diferencia del Antropozoico de Stoppani, en el apartado III.2 he mostrado cómo el Antropoceno experimentó un período de popularización dentro de la ESS, en gran parte porque supuso ser un concepto idóneo para representar el nuevo paradigma de investigación interdisciplinar y la concepción del Sistema Tierra como un nuevo objeto de estudio e intervención (IV.3.2). Dichos elementos son indisociables, a su vez, de la carga axiológica de un contexto histórico caracterizado, entre otras cosas, por la concienciación ecológica del planeta durante buena parte del siglo XX, el uso instrumental de nuevas tecnologías de computación y la necesidad política de comprender y gestionar los riesgos globales a los que se enfrentaban las sociedades humanas (Oreskes & Kringe 2014, Uhrqvist 2014, Seitzinger et al. 2015). En otras palabras: el Antropoceno fue un concepto respaldado y elaborado en base a una matriz colectiva impregnada por valores políticos, tecnológicos, ecológicos, sociales e incluso básicos que generaron toda una nueva disciplina a finales del siglo XX y principios del XXI, con sus propios programas de investigación, departamentos en universidades, centros de investigación y revistas académicas especializadas (Steffen et al. 2020). Es a partir de este contexto donde surge en 2008 la iniciativa genuinamente estratigráfica que estima la posibilidad de formalizar el Antropoceno como una unidad geológica formal (Zalasiewicz et al. 2008), y donde se conforma un grupo de trabajo que incluye a los propios miembros de la ESS que impulsaron el nuevo concepto.

Sin embargo, tal y como se apuntaba en el apartado III.2.2, el único valor explícito que puede ser interpretado de sus primeros documentos oficiales es la “utilidad” —o a lo sumo la “versimilitud” o la “plausibilidad” de la propuesta de Crutzen—, aunque ésta se interprete de una forma un tanto novedosa con respecto a otros grupos de trabajo de la ICS. La reconstrucción histórica de la ESS y de la matriz que dio lugar al término en el año 2000 desarrollada en el Capítulo IV, no obstante, muestra que en realidad hubo toda una gama de valores implícitos en la conceptualización e impulso del concepto Antropoceno y que, por ende, está presente —sea de forma más o menos trivial— en la proposición de iniciar la investigación estratigráfica que lo ratifique. Si la Axiología Histórica basase su metodología únicamente en el análisis empírico de los documentos que produce la actividad científica, como sugería Echeverría (2018), dicha afirmación podría concebirse como una mera especulación —quizás a la espera de ser abordada con “métodos científicos” por un historiador, presumiblemente ensamblando los conocimientos *a posteriori*—, y por tanto aceptar que el AWG solamente está dedicado a estudiar la utilidad de su propuesta



estratigráfica en los únicos términos dirimidos explícitamente en su discurso. Esta opción, en cambio, no explica por qué se apoyó investigar su formalización en detrimento de otras propuestas similares que venían sugiriéndose desde el siglo XVIII, como una eventual actualización de la propuesta de Stoppani por establecer una era geológica iniciada con la aparición del ser humano en la Tierra hace 2,6 millones de años (Rull 2021). El conocimiento sobre su existencia era patente, en tanto que el propio Crutzen la cita como un “precursor” desde su primer artículo al respecto (Hamilton 2016)<sup>157</sup>. Es por ello, precisamente, por lo que la comparativa histórica puede ayudar a revelar algunos posibles valores ocultos, quizá inconscientes, que no se explicitan en el discurso oficial del AWG, el cual se refiere a las sugerencias del pasado como propuestas defectuosas que no contaban con la constatación y el entendimiento actual del Sistema Tierra:

“Estas sugerencias siempre han sido rechazadas, ya que se consideraba que las grandes fuerzas de la naturaleza que impulsaban la geología de la Tierra operaban a una escala más amplia y a más largo plazo que cualquier tipo de impacto humano, que en comparación se consideraba ‘demasiado insignificante’. La constatación, incluso entre los geólogos, de que el ser humano podía afectar significativamente no sólo a los parámetros del Sistema Tierra, sino también, como consecuencia de ello, al curso de la evolución geológica de la Tierra, llevó a la Subcomisión de Estratigrafía del Cuaternario (SQS) de la Comisión Internacional de Estratigrafía (ICS) a crear un Grupo de Trabajo sobre el Antropoceno (AWG) formal, para examinar los argumentos a favor de su formalización y, en última instancia, para formular recomendaciones a la SQS, a la ICS y al organismo matriz de esta última, la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS)” (Zalasiewicz et al. 2019, p. 2).

Entre las sugerencias a las que se refieren suele figurar el Antropozoico de Stoppani, aunque es significativo que la engloben dentro de un cúmulo de nociones que consideraban que el impacto humano era “demasiado insignificante” en comparación con las fuerzas de la naturaleza. Esto denota que se sabía vagamente que un geólogo llamado Stoppani teorizó en el siglo XIX acerca de un “Antropozoico”, pero sin que ello pasara a ser objeto de mayores descripciones y discusiones. En otro artículo del AWG de 2017, por poner otro ejemplo, llegan a decir que este tipo de iniciativas pasadas “reconocen un cambio significativo dentro de la narrativa de la historia de la Tierra”, pero que “no abordan explícitamente el registro estratigráfico” (Zalasiewicz et al. 2017, pp. 207-208). Tan sólo se ha mencionado el Antropozoico como un dato histórico anecdótico, y ello desde que se hiciera la propuesta en el congreso del programa IGBP. Como mencionaba en II.2, su frecuente referencia a modo de “precursor” quedó simplificada así, y en el texto publicado por la Sociedad Geológica de Londres en 2008 —en el que se consideró que el Antropoceno tenía “mérito estratigráfico” suficiente para estimar su formalización (Zalasiewicz et al. 2008)— no se consideró ninguna otra alternativa posible a la propuesta de Crutzen, sino que se trató de una iniciativa directamente basada en el concepto impulsado por la ESS. Además, en los textos ulteriores en los que se trazó una cronología de términos previos al Antropoceno —dentro de la historiografía IHOPE— las referencias a nociones como la de Stoppani se redujeron

---

<sup>157</sup> Por ejemplo, tanto en el artículo de Crutzen y Stoermer (2000, p. 17) y el de Crutzen en *Nature* (2002, p. 23) se menciona que la era del Antropozoico ya había sido propuesta por Stoppani, quien había considerado al ser humano como una “nueva fuerza telúrica que en poder y universalidad podía compararse con las grandes fuerzas de la Tierra”.

a su simple mención, dando por hecho que el Antropoceno era el concepto actual sobre el cual tenía sentido investigar y estudiar una eventual formalización dentro de la Tabla Cronoestratigráfica Internacional (véase p. ej.: [Steffen et al. 2011, 2015a](#); [Grinevald et al. 2019](#)).

A mi modo de ver, pensar que concepciones como la de Stoppani, así como más tarde las de Vernadsky o Teilhard, fueron “precursoras” de la noción “correcta” del Antropoceno es un rasgo historiográfico típicamente teleológico y positivista que conviene evitar. La creencia de que en la historia aparecen muchas ideas y que la ciencia adopta las “correctas” y desecha las “incorrectas” es insostenible, como diría Fleck ([1986 \[1935\], p. 72](#)). La elección de una teoría u otra, de un concepto u otro, de un término o de una línea de investigación conlleva siempre una valoración previa ([Putnam 2008 \[1981\]](#), [Echeverría 2002](#)), la cual no se realiza aislada de su contexto ([Longino 1990](#), [Douglas 2009](#)). De hecho, las indicaciones de Stoppani recogidas en sus tres volúmenes publicados entre 1871 y 1873 mostraron —a pesar de su concepción anti-darwinista— no pocos indicios para, al menos, haber considerado readaptar su propuesta en los términos y concepciones aceptadas actualmente en el resto de las comunidades científicas, y satisfaciendo los valores nucleares explicitados en la *Guía Internacional de Estratigrafía* ([Salvador 1994](#)) y la *Guía y Estatutos de la Comisión Internacional de Estratigrafía* ([Cowie et al. 1986](#), [Remane et al. 1996](#)). Eso es lo que el geólogo Valentí Rull ha argumentado recientemente: “en términos estrictamente estratigráficos, Stoppani aportó los elementos necesarios para que el Antropozoico pudiera reconstruirse fácilmente en una propuesta de nueva era dentro de las reglas cronoestratigráficas modernas de la ICS” ([2021, p. 3](#)).

En particular, con la “propuesta actualizada del Antropozoico” que desarrolla, Rull ha recuperado las ideas estratigráficas iniciales de Stoppani añadiendo la nueva información aportada por la datación radiométrica y paleomagnética, así como la consideración de la evolución humana en detrimento del creacionismo tal y como Stoppani lo asumió. Apoyándose en los resultados de numerosos colegas de distintas disciplinas, Rull recuerda que la aparición del género *Homo* coincidió con el inicio del Pleistoceno, hace aproximadamente 2,6 millones de años. Y que los registros más antiguos de fósiles humanos y los registros más antiguos de herramientas de piedra datan de entre 2,6 y 2,4 millones de años y se hallaron en el rift de África Oriental. Por ello afirma que la base de la era del Antropozoico podría situarse en la base del Cuaternario y ser perfectamente definida por un GSSP del Gelasiense<sup>158</sup>, lo cual sería coherente con las posturas que afirman que la magnitud de los impactos antropogénicos sobre la Tierra ha trascendido ampliamente la escala de una época geológica ([Santana 2019](#)). Inspirándose en la hipótesis de Stoppani, la era del Antropozoico se convertiría así en una unidad caracterizada por la presencia de la primera especie humana, que supondría un marcador estratigráfico cualitativo que diferenciaría la nueva era —la era humana— del Cenozoico caracterizado por la aparición de los primeros mamíferos fósiles ([Rull 2021](#)).

La opción de formalizar la era del Antropozoico, por tanto, parece que satisfacería los valores que tradicionalmente han llevado a los geólogos a iniciar procesos de formalización de nuevas unidades. El uso de marcadores fósiles cualitativos para definir unidades estratigráficas ha sido una práctica común desde el siglo XIX y es una de las bases principales de las unidades actuales de la ICS ([Salvador 1994](#), [Zalasiewicz et al. 2019](#)) y, como afirma Rull, la propuesta de Stoppani tendría el mérito estratigráfico suficiente como para al menos considerar su formalización. Además, las correlaciones cronológicas basadas en fósiles y herramientas humanas sugeridas por

---

<sup>158</sup> El Gelasiense es una unidad estratigráfica perteneciente al Pleistoceno que comienza hace 2,59 millones de años y termina hace 1,8 millones de años ([ANEXO II](#)).

Stoppani son habituales y son consideradas una forma fiable de datación que hace posible la correlación entre rocas de todas partes del planeta. La sugerencia de Crutzen, por el contrario, podría ser considerada más bien como una expresión informal de lo que representaba la síntesis del programa IGBP y la constitución de un nuevo objeto epistémico: el Sistema Tierra (IV.3.2). No fue un término cuidadosamente elegido, atendiendo a los criterios establecidos de organización y división de las unidades de tiempo geológico, sino que se conceptualizó en base al entendimiento sistémico de la Tierra y la historia reciente de la sociedad global moderna, sin previo análisis de su expresión estratigráfica (Waters et al. 2018).

Pues bien: tal y como queda definido en la *Guía Internacional de Estratigrafía* (Salvador 1994), la definición de una nueva unidad cronoestratigráfica debe venir preludiada por una necesidad estratigráfica en lugar de por un concepto histórico, como ocurre en la propuesta del Antropoceno (Finney & Edwards 2016). Además, la era del Antropozoico sería relativamente más sencilla de incluir en la ICS actual, ya que solo requeriría la división de la era actual del Cenozoico en dos eras, basándose en criterios bioestratigráficos cualitativos sólidos, sin más modificaciones cronoestratigráficas y geocronológicas en los periodos y épocas correspondientes (Rull 2021). Y sortearía el inconveniente de la corta duración asignada al Antropoceno, de apenas 70 años de duración. Asimismo, también cabe señalar que la era del Antropozoico podría tener prioridad nomenclatural, ya que fue nombrada, descrita y caracterizada antes que la época del Antropoceno. Hay que tener en cuenta que la elección de un término para designar una nueva unidad cronoestratigráfica en principio debería guiarse por el valor de la prioridad de la primera proposición (Salvador 1994). Y si bien es cierto que en la guía se afirma que “la prioridad no justifica por sí sola el reemplazo de un término bien establecido por otro poco conocido o que sólo se usa ocasionalmente”, también dice que “tampoco debe conservarse un término establecido inadecuadamente por el mero hecho de la prioridad” (p. 23). En este aspecto, el AWG insiste en que el Antropoceno es el término adecuado, y ello en base a su reciente popularidad:

“El Antropoceno es, en la práctica, un término ampliamente accesible que evoca el cambio humano en el planeta, que creció exponencialmente a medida que la población pasó de 1.000 millones en 1800 a 2.500 millones en 1950 y a 7.500 millones en la actualidad. En poco tiempo, se ha convertido claramente en el término dominante para describir los impactos humanos recientes. Desde el año 2000, el término se ha utilizado en más de 1.300 artículos científicos, que en conjunto han sido citados más de 12.000 veces y en muchas sesiones de conferencias de diversas disciplinas. Ha dado lugar a al menos cuatro revistas científicas y publicaciones periódicas, figura en el título de más de 100 libros y aparece con frecuencia en nuevas historias. El término ha entrado en el Oxford English Dictionary, utilizándose ampliamente y entendiéndose en general en el discurso más amplio. [...] El Antropoceno, se formalice o no estratigráficamente, parece haber llegado para quedarse” (Zalasiewicz et al. 2017, pp. 208-209).

Por lo tanto, parece que la respuesta a por qué los impulsores iniciales del AWG no se plantearon establecer una nueva era formal —el Antropozoico— después del Cenozoico en lugar de una época cenozoica más como el Antropoceno también reside en el valor de la “popularidad”. No se trató únicamente de establecer un proyecto de formalización de una unidad potencialmente “útil”, como se explicitaba en el discurso inicial del AWG (III.2.2). Se trató de un proyecto basado primeramente en la “popularidad” de un término, y después en su “utilidad”. Ambos valores están

presentes en la matriz del AWG, y por tanto se aplican conjuntamente, pero su jerarquía queda manifestada cuando se realiza un estudio histórico-comparativo. A mi modo de ver, éste pone de relieve el rol implícito que tiene la popularidad de un término y el valor otorgado a los paradigmas científicos dominantes en el contexto donde emergen. Esto no quiere decir que si Stoppani hubiera desarrollado su hipótesis valorando e incorporando las premisas darwinistas a su concepción del Antropozoico hubiera tenido más éxito y aceptación. Quiere decir que el éxito y la aceptación conllevan valores implícitos, más allá de la utilidad epistémica explicitada por el AWG. De hecho, aludir a él como un “precursor” anecdótico —en lugar de como una alternativa susceptible de ser actualizada— acarrea la valoración y respaldo implícito al discurso de la ESS por encima de una rigurosa revisión retrospectiva de opciones disponibles dentro de la tradición genuinamente geológica.

### **V.3. El rol implícito de los valores de la *Earth System Science* en las deliberaciones del *Anthropocene Working Group***

El proyecto de oficialización del Antropoceno, por tanto, comporta una serie de valores implícitos que conviene ser considerados a la hora de tomar una decisión final sobre su formalización. No se trata únicamente de la satisfacción de un núcleo de valores explicitados en sus guías y estatutos, sino que ha de tenerse en cuenta la vinculación implícita con el sistema de valores de la ESS y las implicaciones axiológicas que supondría para la geología aceptar una eventual propuesta originada en su matriz. Ese carácter crítico es precisamente una de las funciones principales de la Axiología Histórica, tal y como se ha planteado anteriormente (II.5.2). En contraste con el discurso del AWG, que afirma que una cosa es “la potencial utilidad para la ciencia” y otra cosa es “la relevancia social más amplia en la concienciación política” (Vidas et al. 2019, p. 39), la reconstrucción histórico-axiológica que dio origen a la conceptualización del Antropoceno, y por tanto a su proyecto de formalización, sugiere que dicha distinción no asume su ineludible vinculación histórica. La “utilidad” es, de hecho, un transvalor que de ningún modo se reduce únicamente a la utilidad epistémica: el proyecto del AWG también ha pasado considerarse útil para el derecho internacional marítimo y las ciencias de la salud pública, que tienen aplicaciones directas en las agendas políticas (III.4.3). Esta transmutación de la “utilidad” sólo puede ser entendida en su combinación sistémica con otros valores, incluida la “popularidad” del término y el respaldo al paradigma interdisciplinar de la ESS (V.2.2). Esto es algo que el propio presidente de la Comisión Internacional de Estratigrafía, Stanley C. Finney, secundó en gran medida junto a Lucy E. Edwards en un artículo titulado “The Anthropocene epoch: Scientific decision or political statement?”, en el que expresaron dicha idea de la siguiente manera:

“La utilidad del Antropoceno requiere una cuidadosa consideración por parte de sus diversos usuarios potenciales. Su concepto es fundamentalmente diferente de las unidades cronoestratigráficas establecidas por la ICS, ya que la documentación y el estudio del impacto humano en el Sistema Tierra se basan más en la observación humana directa que en un registro estratigráfico. El impulso para reconocer oficialmente el Antropoceno puede ser, de hecho, político más que científico” (Finney & Edwards 2016, p. 4).

Su artículo es interesante para corroborar la axiología implícita del AWG, en tanto que afirman que cuando explican a sus defensores la principal diferencia del Antropoceno con respecto a las unidades cronoestratigráficas establecidas por la Comisión Internacional de Estratigrafía, éstos suelen responder que “el impacto humano en el Sistema Tierra debe ser reconocido oficialmente, aunque solo sea para que el público y los organismos gubernamentales sean conscientes de ese impacto” (p. 9). También hacen referencia a la editorial de *Nature*, que en 2011 mencionaron que el reconocimiento oficial del Antropoceno fomentaría la ciencia interdisciplinar y una “mentalidad” de comprensión y de toma de control de la transformación del Sistema Tierra. Aunque el discurso explícito del AWG asegure estar guiándose por los valores tradicionalmente compartidos por la comunidad estratigráfica, Finney y Edwards se preguntan si es la acción política necesaria para resolver los problemas ecológicos de la humanidad lo que se plantea de fondo cuando se pide a la ICS la formalización del Antropoceno:

“[...] ¿Es el papel de la ICS hacer una declaración política de este tipo? ¿Sería realista que el reconocimiento oficial del término Antropoceno como unidad de la Tabla Cronoestratigráfica Internacional tuviera algún efecto en la promoción de la ciencia interdisciplinar o en el reconocimiento de que estamos en el asiento del conductor, tal y como editorializó *Nature*?” (Finney & Edwards 2016, p. 9).

La respuesta que dieron al año siguiente fue un tanto escueta, afirmando que “aunque el Antropoceno como término no puede escapar a la resonancia ‘pública y política’ es esencial que el caso de una unidad estratigráfica formal del Antropoceno se apoye en la evidencia estratigráfica” (Zalasiewicz et al. 2017, p. 220). Ellos aluden a que “gran parte de la controversia sobre si la definición del Antropoceno tiene una base científica y estratigráfica o es política se debe a la imprecisión con la que se utiliza el término por parte de diversas comunidades” (pp. 220-221), y por tanto aseguran que “es importante especificar qué significa el término precisamente en el contexto de su uso geológico, independientemente de que la decisión final sea reconocer formalmente el Antropoceno como una época” (p. 221). De sus palabras se desprende, por tanto, una clara intención por aislar la investigación del AWG de su contexto, separándola de sus orígenes histórico-axiológicos y posibles consecuencias más amplias. Detrás de ello se encuentra, en el fondo, el ideal del *value-free* contemporáneo, donde se admite la presencia de valores en las fases “externas” de la ciencia y a continuación los separan de la actividad “interna” de investigación:

“Está claro que muchos de los fenómenos relacionados con el Antropoceno son de importancia social y, por tanto, política. Sin embargo, esto no significa que no puedan ser tratados de forma objetiva y analizados científicamente, dentro del marco apropiado — en este caso la estratigráfica formal” (p. 221).

Su afirmación recuerda, como comentaba en el [Capítulo I](#), a las posiciones como la de Larry Laudan (1984), donde los valores no epistémicos sólo se presencian en “las dimensiones no racionales de la evaluación de problemas” (p. 64). Tales afirmaciones se derrumban, sin embargo, cuando se tienen en cuenta la pluralidad de valores morales, jurídicos, ecológicos y económicos



que también guían, explícitamente, cualquier proceso de elección de un GSSP (III.3.2). La “objetividad” puede entenderse, de hecho, como un valor siempre coaplicado con otros muchos, incluidos no epistémicos. De ahí que Daston y Galison (2007) refieran a distintos ideales que han determinado históricamente qué es y cómo se satisface ese valor. Basten recordar los numerosos geólogos críticos con el AWG, quienes también fundamentan sus análisis en la objetividad científica (Ruddiman 2003, 2013), y entre los cuales hay quienes afirman que “hay una similitud [de los defensores del Antropoceno] con ciertos grupos religiosos que son extremadamente entusiastas de su religión, hasta el punto de que piensan que todos los que no practican su religión son una especie de bárbaro” (Monastersky 2015, p. 34).

A mi modo de ver, la posibilidad de haber considerado la era del Antropozoico como una proposición con méritos estratigráficos suficientes, pone de relieve el rol directo e implícito que pudo tener el valor otorgado a la ESS en la elección del Antropoceno como proyecto de investigación. La pregunta importante a resaltar aquí, en cualquier caso, concierne a qué valores, posiblemente compartidos con la matriz de la ESS, están presentes implícitamente en el proceso de recopilación de evidencias. Aunque dicho proceso aún no ha concluido, parece que los resultados publicados hasta el momento satisfacen el núcleo axiológico que oficialmente caracteriza la práctica estratigráfica (III.4.2). Ello no obsta, sin embargo, para que otros valores periféricos puedan ejercer un rol indirecto en las decisiones que se van tomando, como la “congruencia” o la “comunicabilidad” con el paradigma y resultados de la ESS, cosa que señalaré más adelante (V.4.2). La frecuente referencia al “Sistema Tierra” o a la “Gran Aceleración” en sus publicaciones, así como el uso de los resultados de la ESS como complemento que respalda el análisis estratigráfico, es un indicador de ello. Baste como ejemplo un reciente artículo titulado “The Great Acceleration is real and provides a quantitative basis for the proposed Anthropocene Series/Epoch”, donde miembros del AWG valoran positivamente esta conceptualización — originada dentro de proyecto IHOPE (Steffen et al. 2007)— a la hora de justificar las señales estratigráficas de <sup>239</sup>Pu escogidas para fijar un GSSP<sup>159</sup>:

“Subrayamos que la Gran Aceleración no puede definir por sí misma una nueva unidad dentro de la Escala de Tiempo Geológico: sólo un GSSP puede hacerlo. Pero proporciona una ruptura crucial de magnitud apropiada en la narrativa de la historia de la Tierra para justificar la inclusión del Antropoceno en el rango de serie/época a partir de mediados del siglo XX. La Gran Aceleración también ha dejado una constelación de señales estratigráficas, de las cuales sólo una serviría como guía principal para el GSSP. Las demás proporcionarían abundante ayuda para caracterizar el Antropoceno y para el reconocimiento práctico de sus depósitos” (Head et al. 2021, p. 14).

Con la información disponible al respecto, por el momento es difícil inferir hasta qué punto la sincronía con los resultados y conceptualizaciones proporcionados por la ESS están siendo —o

---

<sup>159</sup> En este artículo lidera la autoría Marin J. Head, un estratígrafo canadiense miembro del AWG y actual vicepresidente de la *Subcomisión Internacional de Estratigrafía del Cuaternario* (SQS), donde fue su presidente entre 2012 y 2020. Junto con él figuran, entre otros, Will Steffen, Colin Waters, Jan Zakasiewicz, John McNeill y Alejandro Cearreta. En él, examinan el enfoque analítico de la Gran Aceleración (Steffen et al. 2007, 2015a) y reiteran la solidez de sus datos y la excepcional magnitud del crecimiento socioeconómico al que apuntan, reafirmando la centralidad de la Gran Aceleración para justificar un Antropoceno cronoestratigráfico formal en el rango de serie/época (Head 2021).



van a ser— influyentes en el contenido final de su proposición. Sabemos, eso sí, que se decidió considerar el Antropoceno como una posible “época” —tal y como sugería su sufijo— en lugar de un periodo, una edad, una era o un cron (Zalasiewicz et al. 2008, AWG 2009). También sabemos que los resultados y perspectivas conceptuales de la ESS están siendo valoradas, en gran parte gracias a los vínculos sociales que unen a ambos colectivos. Y que la elección del límite estratigráfico converge con las caracterizaciones del Antropoceno por parte de la ESS.

Además, debemos tener en cuenta que —aunque sea de forma indirecta— cualquier decisión en la aceptación o rechazo de los resultados involucra valores contextuales —unas “asunciones de fondo”, como diría Longino (1990)—, también a la hora de asumir el riesgo de las posibles consecuencias de sus compromisos epistemológicos (Rudner 1954, Douglas 2000). A pesar de que el AWG trate de separar las consecuencias sociales y políticas de una eventual formalización del Antropoceno (Zalasiewicz et al. 2019), ya se ha mostrado en III.4.3 que aluden explícitamente al valor de la “utilidad” de su estandarización estratigráfica en aras de dotar de estabilidad a un concepto empleado, precisamente, en disciplinas como la ESS (Vidas et al. 2019). Esto conlleva una carga axiológica implícita que convendría prever y prevalorar. Una de ellas concierne a la legitimación de un concepto —el Antropoceno— que representa un nuevo paradigma donde subyacen valores diferentes a la estratigrafía convencional, pero que sin embargo involucra conocimiento geológico. Este paradigma no sólo da por hecho que vivimos en una nueva época geológica —entendida como un cambio de estado en el Sistema Tierra—, sino que implica la aceptación de ciertas prescripciones cargadas de valores no epistémicos.

#### **V.4. Previsión y prevaloración de implicaciones en la decisión final de formalización**

Desde su origen, los miembros del AWG plantearon que “debemos ser conscientes de sus implicaciones más amplias, aunque —presumiblemente— sin estar influenciados por ellas” (AWG 2009, p. 4). Pienso que dicha presunción es vana, teniendo en cuenta las valoraciones tácitas de su discurso. Echeverría decía que “la indeterminación y la incertidumbre con respecto a la probabilidad de un suceso no implican incertidumbre axiológica. Se puede ignorar lo que va a ocurrir, pero ello no impide que existan unos criterios de valoración para lo que ocurra, sea lo que sea” (2009, p. 193). En el caso que aquí atañe, podría convenir que los distintos organismos encargados de evaluar y aprobar la propuesta del AWG —es decir, la SQS, la ICS y la IUGS— realizaran una estimación de valores y disvalores posibles, tanto explícitos como implícitos, que comportaría la decisión de incluir la época del Antropoceno dentro de la Tabla Cronoestratigráfica Internacional. Una tarea así quizás podría incluir un análisis minucioso de los factores de ponderación de cada valor o la fijación de cotas mínimas y máximas deseables, tal y como propondría Echeverría (2002). Aquí no indagaré esta sugerencia, no obstante, puesto que deslinda los objetivos de la Axiología Histórica que he planteado. Como afirmaba en II.5.2, tampoco se trata de incurrir en un presentismo normativo orientado a sugerir a los científicos lo que deberían hacer. Basta con criticar el discurso dominante dentro del AWG a través de la retrospectiva comparativa de su axiología, que en este caso incluyen valores implícitos en sus documentos y publicaciones derivados de la matriz de la ESS. Mostraré dos casos a modo de ejemplo.

#### V.4.1. El programa Future Earth y la opción de la geoingeniería

La caracterización del “Antropoceno” como un cambio de estado en el Sistema Tierra, promovida por la ESS, implica una pretensión descriptiva y otra prescriptiva. La afirmación descriptiva, como se ha mostrado en IV.3.2, es que los seres humanos suponen ser actualmente una influencia dominante en el sistema, especialmente tras la aceleración socioeconómica experimentada a partir de 1950 (Steffen et al. 2007, 2015a; McNeill & Engelke 2016). Esta es la menos controvertida de las afirmaciones. Sin embargo, la descripción ha venido acompañada frecuentemente por afirmaciones prescriptivas basadas en un sistema de valores muy específico, con las cuales se esboza cuáles podrían ser las respuestas adecuadas al nuevo rol de la humanidad en el Sistema Tierra y cómo podríamos —e incluso deberíamos— relacionarnos de forma diferente, como especie, con la naturaleza (Steffen et al. 2002). Dicha orientación comenzó a entreverse ya en el artículo del año 2000 publicado en el boletín de noticias del programa IGBP, cuando Crutzen y Stoermer ligaron la nueva propuesta del Antropoceno con valores como la “sostenibilidad” o la “gestionabilidad medioambiental”, claves en la Declaración de Ámsterdam de 2001:

“Desarrollar una estrategia mundialmente aceptada que conduzca a la sostenibilidad de los ecosistemas frente a las tensiones inducidas por el hombre será una de las grandes tareas futuras de la humanidad, que requerirá intensos esfuerzos de investigación y una sabia aplicación de los conocimientos así adquiridos en la noosfera, más conocida como sociedad del conocimiento o de la información. La comunidad mundial de investigación e ingeniería tiene ante sí una tarea apasionante, pero también difícil y desalentadora, para guiar a la humanidad hacia una gestión medioambiental global y sostenible” (Crutzen & Stoermer 2000, p. 18)

Algunas de las posibles vías por las que cabría “guiar a la humanidad” hacia una “gestión medioambiental global y sostenible” pasaron a sugerirse poco después. En su artículo de 2002 en *Nature*, concretamente, Crutzen volvió a formular la noción del Antropoceno sugiriendo la posibilidad de desarrollar proyectos de geoingeniería y “optimización” del clima en aras de lograr una gestión medioambiental sostenible<sup>160</sup>:

“A los científicos e ingenieros les espera una tarea enorme para guiar a la sociedad hacia una gestión ambientalmente sostenible durante la era del Antropoceno. Esto requerirá un comportamiento humano adecuado a todas las escalas, y bien podría implicar proyectos de geoingeniería a gran escala aceptados internacionalmente, por ejemplo, para ‘optimizar’ el clima” (Crutzen 2002, p. 23).

---

<sup>160</sup> La cuestión de la geoingeniería la he tratado más detenidamente en otro lugar (véase Granados 2021), por lo que no ahondaré aquí en su conceptualización y aplicaciones particulares. Baste señalar que la geoingeniería consiste en la manipulación tecnológica e intencionada por parte del ser humano de los procesos del Sistema Tierra a escala planetaria con la intención de compensar los cambios ambientales de origen antropogénico, como el calentamiento producido por el efecto invernadero. Hay varios tipos de técnicas y tecnologías que se engloban dentro de este tipo de proyectos, como la gestión de la radiación solar a través del esparcimiento controlado de aerosoles reflectivos en la estratosfera, o la extracción de CO<sub>2</sub> de la atmósfera para su soterramiento (véase Ilustración 15).

Durante los siguientes años, paralelamente a la conceptualización y popularización del Antropoceno (III.2.1), la cuestión de la geoingeniería comenzó a instaurarse como un tema de reflexión y debate dentro de la agenda de los *Science & Technology Studies* (STS), particularmente en el mundo anglosajón (Granados 2021). Un punto de inflexión se dio precisamente con la publicación de otro artículo de Paul Crutzen (2006), esta vez específico sobre la posibilidad de frenar el cambio climático a través de la inyección de partículas de azufre en la estratosfera. Inspirado en las observaciones del enfriamiento ocasionado por la erupción del Pinatubo en 1991, el químico neerlandés sugirió una técnica de geoingeniería que, en conjunto con otras como el aumento del albedo o la puesta en órbita de espejos reflectantes, conformaron proyectos de investigación en gestión de la radiación solar, a los que se añadieron proyectos de extracción de dióxido de carbono de la atmósfera (Ilustración 17). Aunque al principio la investigación se basó principalmente en simulaciones computacionales y situaciones hipotéticas, algunos organismos mostraron un interés inmediato en experimentar con varias de estas técnicas, como fue el caso de *NASA Ames Research Center*<sup>161</sup>.

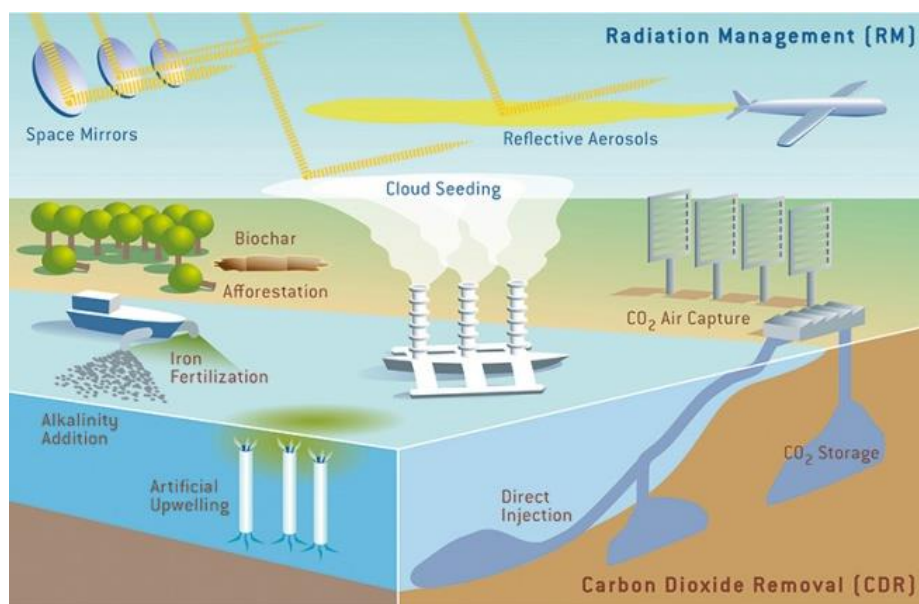


Ilustración 17. Representación de las principales técnicas de geoingeniería planteadas en los últimos 20 años. (Fuente: Kiel Earth Institute)

Las propuestas de Crutzen concernientes a la ingeniería climática estuvieron abiertamente marcadas por su intención de “proporcionar soluciones tecnológicas en la era del Antropoceno”

<sup>161</sup> Pocos años más adelante se intentaron desplegar algunas iniciativas de experimentación con la inyección de partículas en la estratosfera, como fue el caso del proyecto SPICE en el año 2013 (Granados 2021). El conflicto —aún no resuelto— de valores existente en este tipo de prácticas, así como la falta de regulación en torno al despliegue de este tipo de tecnologías, hicieron que finalmente fueran cancelados.

(2006, p. 212). Ello también se vería reflejado en el artículo “The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature?” que publicaría al año siguiente junto con Will Steffen y John McNeill dentro del marco del proyecto IHOPE (2007). En él se presentaron los primeros diagramas de la Gran Aceleración del siglo XX y se aportaron resultados de los proyectos de la ESS en torno a la consideración de estar viviendo en un nuevo tiempo geológico distinto al Holoceno, clave para que un grupo de geólogos de la Sociedad Geológica de Londres estimara la necesidad de iniciar una investigación estrictamente estratigráfica al respecto (Zalasiewicz et al. 2008). No obstante, conforme al sistema de valores de la ESS, ese mismo artículo ligó el Antropoceno con la necesidad de “desarrollar una estrategia universalmente aceptada que garantice la sostenibilidad del sistema de apoyo a la vida de la Tierra frente a las tensiones inducidas por el hombre” (Steffen et al. 2007, p. 618). Y dentro de las opciones concebidas para dicho cometido, además de las estrategias de mitigación convencionales se incluyó la opción de la geoingeniería:

“La gravedad del cambio global, en particular los cambios en el sistema climático, puede obligar a las sociedades a considerar opciones más drásticas. [...] Un enfoque ingenieril para reducir la cantidad de CO<sub>2</sub> en la atmósfera es su secuestro en depósitos subterráneos. Este ‘geosequestro’ no sólo aliviaría las presiones sobre el clima, sino que también disminuiría la esperada acidificación de las aguas superficiales de los océanos, que provoca la disolución de los organismos marinos calcáreos. [...] Otra de las propuestas se basa en el efecto de enfriamiento de los aerosoles [...]. La idea es aumentar artificialmente el albedo de la Tierra liberando material reflectante de la luz solar, como partículas de sulfato, en la estratosfera, donde permanecen durante 1-2 años antes de asentarse en la troposfera” (Steffen et al. 2007, pp. 619-620).

Los autores, eso sí, señalaron que por el momento dichas opciones podrían implicar “problemas éticos serios”, como el riesgo a sufrir consecuencias colaterales imprevistas. Lo que queda patente es que el Antropoceno supuso ser para la ESS un concepto vinculado con una pluralidad de valores extra-epistémicos, donde la “sostenibilidad medioambiental” y la “supervivencia” del ser humano, entre otros, tomaron un peso importante. De hecho, científicos de la ESS como Ellis y Haff reclamaron un paradigma científico “post-natural” que apuntara al “futuro de la ciencia de la Tierra como disciplina implicada con el futuro de la humanidad” (2009, p. 474), defendiendo que los futuros graduados en ciencias de la Tierra deberían hacer un juramento axiológico para “ser más influyentes a la hora de orientar al público, a los responsables de la toma de decisiones y a nuestros estudiantes hacia una gestión más exitosa de los sistemas humanos, los únicos sistemas de la Tierra que realmente suponen una amenaza seria para el futuro de la humanidad” (*Ibid.*).

Por lo tanto, tal y como corrobora Baskin (2015), la idea del Antropoceno de la ESS parece venir acompañada de una serie de afirmaciones prescriptivas y supuestos normativos: en particular, la adopción del “gerencialismo planetario” y el “gobierno de los expertos” (p. 13). Enmarcar las situaciones como “problemas” —que responden a la concepción de ciertos disvalores— implica la necesidad de encontrar “soluciones” donde ante todo se ha valorado la alta tecnología y las iniciativas políticas a escala global. Según Baskin, en la base de todo ello se encuentra una visión de la naturaleza que implica, en particular, el apoyo a la idea de estar habitando actualmente en “un mundo más allá de lo natural” (*Ibid.*). Como se ha mostrado en IV.3, estos y otros supuestos

similares se encontraban ya en los trabajos del programa del IGBP, que dio lugar a la formulación del Antropoceno y que desembocó, como señalaré a continuación, en el vigente programa *Future Earth*. La atención a este programa es especialmente relevante para prever las posibles consecuencias axiológicas de la formalización del Antropoceno, en tanto que en él se trata de un concepto unificador (Steffen et al. 2020) que abandera una iniciativa impulsada en buena parte por valores solucionistas y de intervención (Asayama et al. 2019).

Tras la fase de legitimación del Sistema Tierra como objeto epistémico (IV.3.2), hay que tener en cuenta que el IGBP continuó estudiando sus procesos, pero con un mayor énfasis en la aplicabilidad y relevancia de ese conocimiento<sup>162</sup>. En 2010, el programa inició la planificación de la segunda gran conferencia sobre cambio global: “Planet Under Pressure” (Ilustración 18), la más grande y ambiciosa de la historia del IGBP, y que finalmente acabó celebrándose en 2012 en Londres (Steffen et al. 2020). La secretaría del programa, en conjunto con el resto de los integrantes de la *Earth System Science Partnership* (ESSP), se esforzó con ahínco en reunir más de 3000 participantes *in situ* —más otros 3000 que participaron telemáticamente—, entre los que figuraron políticos, conferenciantes e investigadores de distintos colectivos científicos (Seitzinger et al. 2015). El Antropoceno tomó protagonismo desde el principio en la conferencia, la cual comenzó con la visualización de un video titulado “Welcome to the Anthropocene” donde se presentó una serie de pruebas del impacto humano y donde se concluyó con una clara disposición solucionista<sup>163</sup>:

“Esta incesante presión sobre nuestro planeta corre el riesgo de desestabilizarse. Pero nuestra creatividad, energía e industria ofrecen esperanza. Hemos dado forma a nuestro pasado, estamos dando forma a nuestro presente. Podemos dar forma a nuestro futuro” (Nature Documentaries 2016, min. 13:10).

Al igual que con la Conferencia de Ámsterdam de 2001, esta reunión también dio lugar a una declaración: la “Declaración del Estado del Planeta”, en la que se reconoció la escala rápida y global del cambio en los sistemas sociales, económicos y ambientales interrelacionados del planeta y se pidió “un nuevo enfoque de la investigación que sea más integrador, internacional y orientado a soluciones” (Seitzinger et al. 2015, p. 12). En esta conferencia también se exhibió el marco conceptual de los “límites planetarios” (Ilustración 19), que había sido desarrollado desde 2009<sup>164</sup>. Se plantearon asimismo algunos desafíos, particularmente para los científicos de la Tierra

---

<sup>162</sup> Por ejemplo, pidió a la ONU que adoptara una visión más integrada de sus más de 500 tratados y convenciones internacionales que abordaban el medio ambiente (Seitzinger et al. 2015). También invirtió sustancialmente en comunicación y la interfaz ciencia-política, focalizando procesos como *Río+20*, el *Convenio sobre la Diversidad Biológica* (CBD) y los *Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU*, además del énfasis continuo en la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* (UNFCCC) y el IPCC. En general, produjo numerosos informes de políticas y trasladó el conocimiento del ámbito académico al público a través de herramientas fáciles de usar, como una calculadora de huella de nitrógeno que permite a las personas e instituciones calcular su huella de nitrógeno, las actividades que la afectan y conocimientos sobre cómo reducir su huella de nitrógeno (*Ibid.*).

<sup>163</sup> El vídeo documental realizado por el IGBP es actualmente de libre acceso (véase en Nature Documentaries 2016).

<sup>164</sup> El concepto de “límites planetarios” fue propuesto en 2009 por un grupo de científicos de la ESS, dirigido por Johan Rockström y Will Steffen. La mayoría de los contribuyentes participaron en el establecimiento de estrategias de la *Earth System Science Partnership* (ESS) y quisieron definir un “espacio operativo seguro para la humanidad” (Steffen et al. 2015b) para la comunidad científica en general, como



tradicionales, que fueron resumidos por el difunto Mike Raupach en su artículo para la revista *IGBP Global Change* (Raupach 2012). Dado el conocimiento incompleto sobre los cambios y los impulsores en el Sistema Tierra, la “importancia de abordar la equidad y los valores diferentes, lo mucho que está en juego y la urgencia de la acción”, Raupach señaló que “ya no es posible que la ciencia del Sistema Tierra siga siendo *value-free* y desvinculada de la política” (p. 423)<sup>165</sup>. Y mientras los miembros del AWG trabajaban en dirimir el Antropoceno como una época formal, bajo el paradigma estratigráfico tradicional, el Antropoceno ponía nombre a talleres como el *Planetary Stewardship in the Anthropocene*, con el que el IGBP reunió a científicos naturales y sociales, así como a expertos de la ONU y el Banco Mundial, para atender las relaciones entre impulsores e impactos, el comportamiento adaptativo, las interacciones entre los sistemas sociales y ecológicos y las teleconexiones entre las regiones del mundo, las ciudades y sus zonas rurales del interior (Seitzinger et al. 2015).

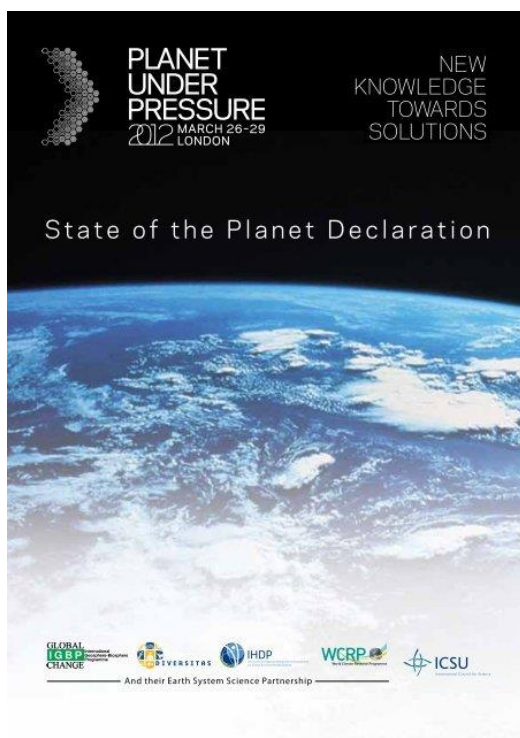


Ilustración 18. Cartel promocional de la conferencia “Planet Under Pressure”, organizada por la Earth System Science Partnership (ESSP) y celebrada en Londres entre el 26 y 29 de marzo de 2012. (Fuente:IGBP)

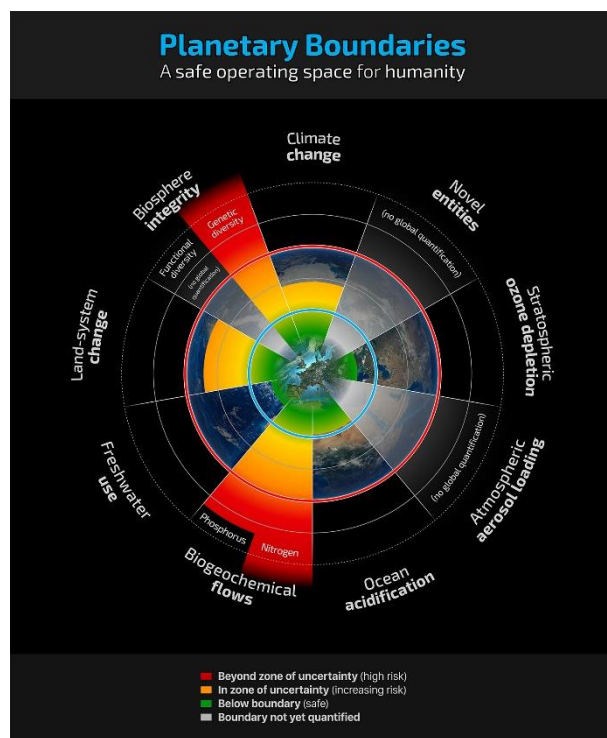


Ilustración 19. Representación de los “límites planetarios”, en su versión actualizada en 2015. (Fuente: Steffen et al. 2015b).

condición previa para el desarrollo sostenible. Desde entonces, el concepto se ha tenido un gran impacto en la comunidad internacional, tanto en los gobiernos como en las comunidades científicas, las entidades privadas y la sociedad civil.

<sup>165</sup> La afirmación de Raupach acerca de la neutralidad axiológica de la ESS es, por supuesto, criticable. En el **Capítulo IV** se ha mostrado cómo la disciplina nace a partir de una matriz axiológica que contiene una pluralidad de valores. En cualquier caso, su declaración es significativa para dar cuenta del rol directo que pasarían a tener los valores políticos dentro del nuevo programa Future Earth, donde convergerían científicos de la ESS con expertos en ciencia de la sostenibilidad (Asayama et al. 2019).



Fue en este contexto donde el IGBP inició su síntesis final y donde nacería la plataforma *Future Earth: Research for Global Sustainability* (2014), la cual hoy sigue vigente<sup>166</sup>. Reconociendo la complejidad y escala del Antropoceno, el programa Future Earth nació para hacer de los descubrimientos de la ESS un conocimiento “útil” y “accionable” para “intensificar el impacto de la investigación como medio para conseguir un desarrollo sostenible de forma más rápida” (Future Earth 2014, p. 9), suponiendo la coalición de la ESSP y las ciencias de la sostenibilidad<sup>167</sup>, y donde los valores epistémicos quedaron subordinados en favor de la innovación y el logro de los objetivos de desarrollo sostenible (Granados 2021). Se trata de una iniciativa de diez años de duración donde la aceptación del Antropoceno es clave, puesto que se pretende “hacer avanzar la ciencia de la sostenibilidad global y proporcionar una agenda de investigación internacional para abordar los retos que plantea el Antropoceno” (Beck 2019, p. 191). Para dar cuenta de la relevancia del concepto, baste señalar como ejemplo el lanzamiento por parte del programa de la primera revista que ofreció un foro de debate sobre la sostenibilidad global: “Anthropocene: Innovation in a Human Age”, la cual pretende vincular la investigación con “múltiples medios de comunicación, escritores, diseñadores, científicos y los empresarios más creativos del mundo para explorar cómo podemos crear una Edad Humana sostenible en la que realmente queramos vivir” (Anthropocene Magazine 2022, p. 1).

En un contexto donde el Antropoceno se relaciona con una narrativa más bien pesimista sobre el futuro, donde el sistema climático superará los umbrales planetarios críticos (Steffen et al 2018), algunos autores apuntan que la narrativa del Antropoceno dentro del programa Future Earth — además de emplearse para fomentar la convergencia entre diferentes disciplinas y actores— ha creado un espacio de para “decir lo indecible” y legitimar ciertos valores políticos (Asayama et al. 2019). La escala y la urgencia de los desafíos que representa el Antropoceno empujan a algunos científicos, de hecho, a buscar soluciones alternativas “extremas” para evitar el colapso en el funcionamiento del Sistema Tierra (Steffen et al. 2018). Un ejemplo es el de la geoingeniería solar (Asayama et al. 2019), en tanto que el apoyo a su investigación tiene por consideración la satisfacción de valores ecológicos nucleares para lograr la estabilidad del Sistema Tierra y no sobrepasar los límites planetarios conceptualizados por la ESS (*Ibid.*). El debate en torno a la investigación de la geoingeniería solar —si debe realizarse y, en su caso, de qué manera— es un claro ejemplo de un conflicto axiológico donde ante todo se contraponen valores políticos y sociales, más que epistémicos y técnicos. Y que está presente en el programa Future Earth, en cuyos documentos fundacionales ya aparece como posibilidad (Future Earth 2014, Beck 2019).

En definitiva: ¿Cuáles serían las consecuencias de una eventual formalización del Antropoceno a este respecto? Si bien no es posible *predecir* los efectos que pudieran ejercer en apoyo a una u otra prescripción, se estaría complaciendo implícitamente —en aras de la “utilidad”— un

---

<sup>166</sup> También fue el momento donde los gráficos de la Gran Aceleración se actualizaron como parte de la síntesis final del IGBP, y donde los cambios desde 1950 se desglosaron en aquellos atribuibles a países de la OECD y no OECD (Steffen et al. 2015a).

<sup>167</sup> La ciencia de la sostenibilidad, al igual que la ESS, tiene un origen reciente y ligado a la comunidad del Cambio Global. También se institucionalizó como disciplina académica a partir del congreso de Amsterdam de 2001. Según el ecólogo Willaim C. Clark, la ciencia de la sostenibilidad no es “ni investigación básica ni aplicada, sino un campo definido por los problemas que aborda más que por las disciplinas que emplea” y que “responde a la necesidad de avanzar tanto en el conocimiento como en la acción, generando un puente dinámico entre ambos” (2009, p. 1737). En particular, el campo busca facilitar una “transición hacia la sostenibilidad”, mejorando la capacidad de las sociedades para usar la tierra de manera que simultáneamente “satisfaga las necesidades de una población humana mucho más grande pero que se está estabilizando, [...] sustentar los sistemas de vida en el planeta [...] y reducir sustancialmente el hambre y la pobreza” (*Ibid.*).

concepto que, desde su origen, está vinculado a una pluralidad de valores políticos, sociales y ecológicos, varios de ellos contrapuestos (Asayama et al. 2019). Esta situación sí puede someterse a una *prevaloración* (Echeverría 2009), aunque los miembros del AWG traten de separar estas cuestiones de los criterios axiológicos explícitos que guían su investigación (Zalasiewicz et al. 2019). La comunidad geológica tendrá que tomar una decisión al respecto y, sea cual sea, tendrá inevitablemente implicaciones en el discurso científico más amplio en torno al Antropoceno, incluidos sus matices solucionistas y de gestión medioambiental global.

#### V.4.2. El “anthropos” y la responsabilidad del cambio geológico

Otro ejemplo de implicación axiológica a tener en cuenta en la decisión final es de tipo semántico. El término “Antropoceno” propuesto por Crutzen y Stoermer (2000) está compuesto por el término proveniente del griego antiguo para designar al ser humano —“anthropos”— y el sufijo “-cene”, que viene de “kainos”, es decir, “nuevo” o “reciente”. Desde que empezó a popularizarse, han sido muchos los autores que han criticado el significado implícito que contiene el término (Thrisler 2017, Moore 2017), en tanto que parece englobar a todos los seres humanos por igual como factores de un cambio geológico en la historia de la Tierra. El “anthropos” del “Antropoceno” no distingue entre sociedades humanas, ni en el espacio ni el tiempo. En la narrativa dominante del Antropoceno dentro de la ESS, la especie humana se convierte en una unidad de actuación y en gran medida homogénea: la “empresa humana” (Steffen et al. 2011). De ahí que autores como Baskin (2015), entre muchos otros, se hayan preguntado “¿Qué humanos, exactamente, o qué agentes o estructuras, nos han traído a esta época? ¿Y qué es exactamente lo que ha conducido la Gran Aceleración desde mediados del siglo XX?” (p. 15).

No es especialmente novedoso vincular los impactos extremos en el planeta con la lógica del desarrollo de la industrialización —tanto capitalista como no capitalista—, la dependencia energética del ser humano con los combustibles fósiles, las tendencias expansionistas del mercado capitalista, o simplemente con el hecho de que la producción se haya multiplicado por nueve desde 1950 (McNeill & Engelke 2016). La implicación de estos diagnósticos suele venir acompañada por un cuestionamiento de nuestro apego a los modos dominantes de industrialización, los mercados, el globalismo, el colonialismo, etc. En esta línea de ideas, no es de extrañar que algunos autores como Jason W. Moore se hayan preguntado por qué la supuesta época geológica no se llama, por ejemplo, “Capitaloceno” (2017)<sup>168</sup>. La crítica de este autor es interesante, puesto que no duda en afirmar que la formulación del Antropoceno está cargada de un sistema de valores implícito, vinculado a la desigualdad, la mercantilización, el imperialismo, el patriarcado, el racismo y otros. Todo ese sistema de valores implícito queda blanqueado bajo la alusión a una “humanidad” causante de “perturbaciones” en la “naturaleza”, cosa que, según él, responde al “sesgo consecuencialista del Pensamiento Verde” (p. 10).

El sesgo al que alude Moore narra el dominio de la humanidad sobre la Tierra casi por completo catalogando los cambios biosféricos, reduciendo a sus impulsores a categorías descriptivas muy

---

<sup>168</sup> Hay otros términos alternativos que se han propuesto como crítica ante las ideas y valores que subyacen al Antropoceno, tal y como fue formulado dentro de la ESS, aunque aquí sólo me ceñiré al “Capitaloceno” propuesto por Moore (2017) a modo de ejemplo. Entre las demás alternativas pueden destacarse el “Econoceno” (Norgaard 2013) o el “Chthuluceno” (Haraway 2015). Cada uno de ellos conlleva un diagnóstico implícito diferente, además de sugerir un conjunto diferente de soluciones o prescripciones normativas.

amplias —como la industrialización, urbanización, población, etc.— y dando por supuesto un dualismo cartesiano al separar el ser humano del resto de la naturaleza. Una posición filosófica que llevó a sus proponentes iniciales a conceptualizar la nueva época con la Revolución Industrial, en una suerte de aritmética en la que el cambio bioesférico más la actividad humana supone un cambio cualitativo en la historia de la Tierra. Ello, según Moore, conlleva un problema: las partes no cuadran. No sólo la actividad humana produce cambios en la biosfera, sino que las relaciones entre los seres humanos se producen *en y a través de* la naturaleza:

“La naturaleza opera no sólo fuera y dentro de nuestros cuerpos —desde el clima global hasta el microbioma— sino también a través de nuestros cuerpos, incluyendo nuestras mentes encarnadas. Los seres humanos producen diferenciaciones intraespecíficas que son ontológicamente fundamentales para nuestra especie: especialmente las desigualdades de clase, influidas por todo tipo de cosmologías de género y raciales” (Moore 2017, p. 11).

Como en el caso de Descartes, la separación del ser humano del resto de la naturaleza deviene un hecho evidente que, en su máxima simplificación, sitúa la actividad del ser humano en una parte y el resto del mundo natural en otra. Sin duda, estos dos elementos se interrelacionan y se influyen mutuamente, pero Moore señala que “las diferencias entre y dentro de cada unidad de actuación no son mutuamente constitutivas” (*Ibid.*). Caracterizar el momento contemporáneo como el Antropoceno, por tanto, sólo es ciertamente justificable si se sostiene que nuestra situación actual es fundamentalmente una consecuencia de nuestra biología, de nuestra naturaleza como especie: una posición que no se expresa explícitamente en el discurso de los proponentes.

Una de las principales críticas que ha recibido el término reside, como se ha mencionado, en esa concepción universalista del ser humano. Muchos autores critican que etiquetar la época como “Antropoceno” y atribuir la causa de los impactos masivos en la biosfera a la humanidad, se invoca una dinámica en la que los impactos causados por una minoría —y en gran medida en beneficio de ella— se atribuyen a toda la humanidad. Como señala Baskin (2015), en los textos centrales de la conceptualización del Antropoceno (Crutzen 2002, Steffen et al. 2007, Steffen et al. 2011) no se hace referencia a cuestiones de justicia y desigualdad, ni sobre las causas y consecuencias desiguales del Antropoceno y el cambio climático. En general, prestan poca atención a la política y a las relaciones sociales y de poder que constituyen la vida de los seres humanos en la Tierra. Cuando se cuestionan las causas del Antropoceno, por el contrario, los proponentes ofrecen una visión de la humanidad como si ésta fuera una unidad homogénea, cosa que a la que Moore se refiere como un “truco” tan antiguo como la modernidad:

“que el Antropoceno, en su esencia, es un concepto fundamentalmente burgués no debería sorprender a nadie. Al fin y al cabo, nos dice que detrás del actual y desastroso estado de los asuntos mundiales está el *Anthropos*. Es un truco tan antiguo como la modernidad: los ricos y los poderosos nos crean problemas a todos y luego nos dicen que todos tenemos la culpa” (Moore 2014, p. 5-6).

Aunque las críticas de Moore —que se verán apoyadas y complementadas por otros autores— pueden ser cuestionables, creo que ponen de relieve un aspecto clave desde el punto de vista histórico-axiológico. Recordemos que el Antropoceno surgió y se promovió dentro de la matriz colectiva del programa IGBP, la cual dio lugar a la particular historiografía teleológica del proyecto IHOPE (véase II.2), en la que entre otros participaron Crutzen, Steffen y McNeill (Steffen et al. 2007). Como argumentaban Uhrqvist y Linnér (2015), el tipo de narrativas históricas desarrolladas por el colectivo se guiaron desde el principio por una axiología orientada a contextualizar y justificar las nuevas prácticas y resultados de investigación de la ESS, con una visión idealista de la colaboración científica internacional, desprovista de valores políticos e incluso salvadora de las divisiones geopolíticas de la Guerra Fría. Todo ello fue heredado, en gran parte, de un contexto histórico marcado por la creciente concienciación ecológica del siglo XX, el cambio global “antropogénico” y la necesidad de anticipar y gestionar los riesgos futuros de la “humanidad” (véase p. ej.: IV.2.6). Por lo tanto, la adscripción de los problemas medioambientales al “ser humano” en general, así como la asunción de una separación ontológica entre éste y la naturaleza, son ideas que ciertamente están implícitas en el contexto axiológico donde se desarrolla y legitima la ESS como nuevo paradigma interdisciplinar, y por tanto en la conceptualización del Antropoceno. De hecho, la consideración del *Homo sapiens* en su conjunto como “actor geológico” es, en el fondo, un *monismo ontológico* presente en los programas de investigación del Cambio Global. Y ello, por supuesto, conlleva estimaciones implícitas —como la valoración de la “unidad” frente a la “pluralidad”<sup>169</sup>.

La referencia a la humanidad como categoría ontológica conlleva, además, una carga axiológica que se manifiesta en el proyecto IHOPE. Las aportaciones de Moore (2014) sirven para dar cuenta de que la elevación del “anthropos” como actor colectivo —algo también presente en la historiografía IHOPE— contribuye a desconocer las fuerzas y economías específicas que en buena medida han moldeado la historia moderna. Como apunta Castree (2017), la comprensión etnocéntrica universalizada y naturalizada del Antropoceno podría entenderse como la típica interpretación modernista y occidental de la historia: presenta el desarrollo de la humanidad como un proceso unitario, regido por el progreso científico y encaminado hacia una sociedad moderna de tipo occidental y que requiere, a su vez, una gestión occidental “tecno-capitalista”. La historia del Antropoceno vista como “la evolución de los seres humanos [...] de cazadores-recolectores a una fuerza geofísica global” (Steffen et al. 2007, p. 614-621) se alinearía con ideas de la modernidad y la Ilustración (Baskin 2015), cargadas de valores como “progreso”, “crecimiento” y “desarrollo”. De ahí que podría no ser sorprendente que esos mismos valores impregnen la narrativa histórica positivista y teleológica que los propios proponentes construyen en torno al Antropoceno (II.2). Junto a su conceptualización, ofrecen una narración incorpórea del progreso que, sorprendentemente, no está desprovista de aspectos positivos: los avances tecnológicos indiferenciados —desde el control del fuego hasta la aparición de la agricultura, pasando por la revolución industrial— son considerados por Steffen y autores afines como “los pasos de la ilustración” (Steffen et al. 2007, p. 616). También reconocen “la notable explosión de la empresa humana desde mediados del siglo XX” (p. 618). Y para Crutzen, “es de esperar que, en el futuro, el ‘Antropoceno’ se caracterice [...] por una tecnología y una gestión enormemente mejoradas” (2006, p. 17). Sin embargo, casi no se hace hincapié en las realidades sociales concretas y en las diferencias entre territorios y clases sociales. No se menciona, en palabras de Baskin (2015), “la conquista colonial, la desposesión imperial, ni la imposición global de las culturas occidentales

---

<sup>169</sup> A este respecto, véase Echeverría (2016). En esta publicación el autor plantea una *axiología de la ontología*, subrayando cómo las categorías ontológicas conllevan claras connotaciones valorativas.

de la modernidad y la extracción, ni el desmoronamiento de las instituciones indígenas de producción y organización social” (p. 21).

Las aportaciones de los críticos citados corroboran, por tanto, que la conceptualización del Antropoceno dentro de la EES reproduce la misma promesa ilustrada de dominio humano sobre la naturaleza y de autorrealización que, al menos en parte, ha provocado la situación que ellos mismos denotan como “Antropoceno”. En ella se expresa una fuerte valoración de la ciencia como instrumento que permitirá a la humanidad convertirse en una fuerza autoconsciente capaz de controlar el planeta. Asimismo, como señalaba en el anterior subapartado (V.4.1), el concepto también se liga con una serie de valores políticos y técnicos que implican considerar que el avance tecnológico y la gestión planetaria como la única forma de ampliar los límites biogeofísicos del Sistema Tierra (Steffen et al. 2007, 2015a, 2015b, 2020; Future Earth 2014). No dan cabida a la resiliencia local, al decrecimiento económico u otros paradigmas que conlleven otros valores, como el compartir y la suficiencia, así como otras alternativas al valor político de la “sostenibilidad”. El Antropoceno como concepto está impregnado, por lo tanto, con una carga axiológica implícita, permeada por el contexto histórico donde ha emergido y se ha popularizado.

Pues bien: ¿Cuáles han sido las reacciones del AWG ante estas críticas? En el último compendio de avances de su investigación, publicado en 2019, afirman que “como todos los términos de tiempo geológico [...], no tiene ningún significado o carácter simbólico particular, salvo que es el nombre que, en términos prácticos, ha ganado claramente en cuanto a reconocimiento científico global entre los otros varios términos sugeridos para describir la geología de un planeta profundamente impactado por los humanos” (Zalasiewicz et al. 2019, p. 15). De esta afirmación, puede inferirse la inconsciencia de la axiología subyacente a un concepto que, como corroboran muchos autores, sí tiene un “significado” o “carácter simbólico particular” (Noorgard 2013, Haraway 2015, Baskin 2015, Moore 2017). También denota la estimación del “reconocimiento científico” o “popularidad” como valores presentes en la elección de la investigación, y que conlleva implícitamente la valoración de la ESS como un paradigma de investigación válido para proporcionar información relevante a la estratigrafía tradicional (V.2.2). De hecho, estos valores parecen ser más importantes en la matriz del AWG que la discusión de otras alternativas posibles, dando por sentado que la formulación del Antropoceno no conlleva matices diferentes a otras unidades de tiempo geológico:

“El Antropoceno es un nombre, una etiqueta práctica, al igual que la de otras unidades de tiempo geológico consideradas a continuación, como el Silúrico, el Triásico y el Cuaternario. El Silúrico recibió su nombre originalmente por los Silures, una antigua tribu galesa, [...] el Triásico se denominó así porque los estratos en los que se describió por primera vez [...] están formados por tres tipos principales de roca [...] y el Cuaternario es un remanente de los tiempos de las unidades de tiempo geológico Primario, Secundario, Terciario y Cuaternario. [...] Dentro de los contextos de épocas del Cenozoico, como denota lo ‘nuevo humano’, podría decirse que da una nota poco diferente a las épocas anteriores del Cenozoico: así, hay un ‘viejo nuevo’ (Paleoceno), un ‘nuevo temprano’ (Eoceno), un ‘pequeño nuevo’ (Oligoceno), un ‘nuevo débil’ (Mioceno), un ‘más nuevo’ (Plioceno), un ‘aún más nuevo’ (Pleistoceno) y un ‘totalmente nuevo’ (Holoceno).” (Zalasiewicz et al. 2019, p. 15)



Por lo tanto, como unidad geológica, señalan que los intentos de proporcionar un nombre que simbolice mejor su esencia “tendrían poca importancia, incluso si tal nombre pudiera ser concebido y acordado” (*Ibid.*). Para ellos, “existe una considerable congruencia entre el significado del Antropoceno tal y como se concibió y utilizó originalmente en la comunidad científica del Sistema Tierra y el Antropoceno considerado geológicamente, como unidad cronoestratigráfica” (*Ibid.*). Esa “congruencia” o “compatibilidad” con el paradigma de la ESS es un valor clave dentro de la AWG y por eso sugieren que “el término Antropoceno debe mantenerse con este significado” (*Ibid.*), a pesar de las múltiples connotaciones ideológicas que ello pudiera conllevar. Queda claro que su objetivo es proporcionar una formulación “útil” a la ESS (Vidas et al. 2019) que, a pesar de estar basada en marcadores quimioestratigráficos producidos por las explosiones nucleares de mitad del siglo XX, esté “desvinculada abiertamente de la era atómica y todo lo que ésta connota” (Head 2021, p. 14). Y que recuerda, en cierto sentido, a los casos históricos a los que aludía Lorraine Daston, cuando valores como la “comunicabilidad”, la “precisión” o la “claridad” de los conceptos entre colegas científicos preponderaban sobre la “exactitud” de las teorías que desarrollaban (II.4.1). Baste citar el siguiente pasaje para dar cuenta de ello:

“El término Antropoceno contribuye a una comunicación amplia y eficaz de este concepto y del registro material. La coherencia de la comunicación se vería favorecida por una definición precisa del término, y el hecho de formar parte de la Tabla Cronoestratigráfica Internacional estabilizaría aún más su significado. [...] Para la comunidad geológica, una consideración clave en la formalización del Antropoceno es la realidad y el carácter distintivo de la estratigrafía, y a este respecto sugerimos que se puede presentar un buen argumento. Reconocer el Antropoceno comunica formalmente la realidad de la fase actual de la historia y los procesos geológicos; por el contrario, no hacerlo enmascara un acontecimiento en la historia de la Tierra de una magnitud al menos igual a los cambios que desencadenaron muchas transiciones anteriores de una época a otra. Este acontecimiento se expresa de forma más clara, global y sincrónica a partir de mediados del siglo XX, y la caracterización de dicho Antropoceno estratigráfico —ya sea formal o informal— parece servir para facilitar una comunicación precisa dentro de las ciencias de la Tierra y afines. De hecho, el término ya se emplea ampliamente, y la formalización puede tener la ventaja de facilitar un uso más preciso” (Zalasiewicz et al. 2017, p. 2019)

Esa “precisión”, “comunicabilidad” y “coherencia” a la que apuntan parten de un trasfondo de suposiciones que entrarían, para muchos autores, en detrimento de otros valores tanto o más importantes, como son la “justicia”, la “equidad”, la “pluralidad”, la “exactitud” o la “responsabilidad” (Noogaard 2013, Haraway 2015, Trischler 2017, Moore 2017). En este sentido, la disputa sobre la datación estratigráfica del Antropoceno no es sólo una “cuestión científica”, como aboga el AWG (Zalasiewicz et al. 2017, 2019). Su matriz atraviesa una axiología implícita permeada por el contexto de la ESS y, como subraya Moore (2017), conllevando suposiciones sobre qué cambios históricos significativos están en juego y, por tanto, qué tipo de respuesta humana es necesaria para frenar su desarrollo y mitigar sus impactos. Se considere la humanidad —en general— o el capitalismo —en particular— la causa del cambio geológico presentará valores implícitos ineludibles en la decisión final.



## V.5. Recapitulación

El cambio geológico antropogénico como categoría de pensamiento es aún un tema de investigación histórica poco trabajado. Si bien son reseñables las aportaciones al respecto realizadas durante la última década en centros como el *Max Planck Institute for History of Science* (Renn 2020), quedan por estudiar autores y obras específicas que pueden ayudar a comprender históricamente el rol de los valores en la práctica geológica. Aquí me he centrado escuetamente en el *Corso di Geologia*, concretamente en el segundo volumen dedicado a estratigrafía, con el que Antonio Stoppani formuló en 1873 la pertinencia de concebir una era geológica marcada por la actividad humana. Antes que él, otros ilustres naturalistas como Buffon, Jenkyn o Haugton aportaron nociones afines, pero la obra de Stoppani supuso ser la primera en dotar de criterios estratigráficos claros a la hora de identificar lo que él llamó la “era del Antropozoico”.

La propuesta de Stoppani puede resumirse en los siguientes puntos: (i) había pruebas suficientes para la definición de la era sobre la base de la huella humana en la Tierra y sus expresiones geológicas, (ii) la era del Antropozoico sucedió a la era del Neozoico, caracterizada por las glaciaciones del Cuaternario, y ocurrió después de la era terciaria; (iii) las rocas que representaban la era del Antropozoico eran sedimentos superficiales recientes y en su mayoría terrestres, (iv) en estos sedimentos, los marcadores estratigráficos de la era eran huesos y/o herramientas humanas, construcciones y otros artefactos de origen humano, (v) el inicio del Antropozoico estaría marcado por la primera aparición de marcadores antropogénicos de este tipo, y (vi) la era está todavía en construcción y no se puede predecir su duración y final. Según Rull (2021), posiblemente los puntos débiles de su propuesta fueron la desestimación de la evolución humana y la falta de una cronología fiable basada en la datación radiométrica o paleomagnética. El segundo inconveniente al que él alude está relacionado con el predominio de la visión darwiniana de la evolución biológica y humana, publicada pocos años antes que su obra y popularizada entrado el siglo XX (Nangheroni 1975). Stoppani, como sacerdote católico y defensor del *concordismo* entre la ciencia y la visión cristiana del hombre y la naturaleza, rechazó esta visión y consideró el inicio de nuestra especie en la Tierra como resultado de la creación divina. Todo quedó en una literatura “sumergida” que, junto con otras obras concordistas de finales del siglo XIX y principios del XX, se fueron desvaneciendo a mediados del siglo pasado (Vaccari 2015, Lucchesi 2017).

Si bien la obra de Stoppani volvió a ser citada brevemente en 1986 por el ecólogo William C. Clark, las alusiones más recientes a la obra de Stoppani se debieron a las repercusiones de las primeras formulaciones del Antropoceno realizadas por Crutzen (Crutzen & Stoermer 2000, Crutzen 2002). En estos textos, Crutzen se refirió al Antropozoico como un “precursor” del concepto que él mismo impulsó, tal vez para dar credibilidad a su proposición vinculándolo con una serie de términos y pensamientos que desde el siglo XVIII habían aparecido para dar nombre al impacto geológico del ser humano en la Tierra. Sin embargo, en esos tiempos no existían los conceptos como el “cambio global”, “crisis ecológica”, “biosfera” “biosfera” y tampoco se concebía la Tierra como un único sistema autorregulado. Como señalaba en el [Capítulo IV](#), sólo en el contexto histórico de finales del siglo XX y del programa IGBP puede comprenderse el éxito en la conceptualización y popularización del Antropoceno dentro de las comunidades científicas. Por tanto, el teleologismo historiográfico implícito en la narrativa de Crutzen puede ser criticado y, de hecho, comprender la propuesta de Stoppani como un antecedente desvinculado del paradigma de la ESS y que bien podría haber sido considerado para su formalización de forma

alternativa. La “propuesta actualizada del Antropozoico”, en la que se retoman las indicaciones de Stoppani y se readaptan a los criterios modernos de la ICS, es un ejemplo de ello (Rull 2021).

En el **Capítulo III** se había mostrado la “utilidad” como un valor explícito que tuvo un rol directo en la conformación del AWG. No obstante, a la luz de la reconstrucción y comparación histórica que contextualiza el origen y recepción del concepto dentro de la comunidad de estratigrafía, puede inferirse que la creciente “popularidad” del uso informal del término pudo jugar un rol directo para que un grupo de geólogos considerara su “utilidad” y su “mérito estratigráfico”. El AWG partió directamente de la propuesta de Crutzen sin considerar otras alternativas históricas, incorporando miembros de la ESS al grupo y asumiendo implícitamente su nuevo paradigma sistémico. Esto acarrea una serie de valores no triviales que han de tenerse en cuenta y que geólogos como Finney y Edwards (2016), aludiendo al carácter político del reconocimiento oficial del Antropoceno, ya han puesto sobre la mesa. El AWG sigue afirmando que su trabajo es estrictamente estratigráfico, separado de cualquier implicación social o política (Zalasiewicz et al. 2019) y, aparentemente, defendiendo una concepción neutra de su investigación desde el punto de vista axiológico. Esto puede cuestionarse, no obstante, atendiendo al compromiso tácito con las concepciones y resultados proporcionados por la ESS y el proyecto IHOPE, así como por la búsqueda por generar una unidad geológica coherente con sus formulaciones. Un ejemplo es el uso de los indicadores de la Gran Aceleración a la hora de corroborar la elección de un GSSP a mediados del siglo XX (Head et al. 2021).

Dado que el proceso de recopilación de evidencias aún no ha concluido, es difícil conocer hasta qué punto la afinidad con el paradigma de la ESS está suponiendo una influencia, aunque sea indirecta, en la aceptación interna de evidencias. Tampoco puede preverse cuáles serían las consecuencias políticas y sociales que una eventual formalización del Antropoceno pudiera acarrear, aunque éstas sean inevitables se tome una decisión u otra. Ello no impide realizar una prevaloración de las implicaciones posibles atendiendo a las asunciones implícitas dentro del AWG, en tanto que el riesgo de aceptarlas responde a valores no epistémicos que pueden influir en una decisión final (Rudner 1954, Douglas 2000). En primer lugar, es preciso señalar que los textos que inspiran la necesidad de estudiar estratigráficamente el Antropoceno en 2008 vinculan la descripción de la nueva época —desde la perspectiva de la ESS— con una serie de prescripciones. Dado que el concepto surgió en el seno de un programa cargado de valores ecológicos y políticos, sus impulsores asociaron el Antropoceno con la necesidad de encontrar soluciones tecnológicas en aras de la “sostenibilidad” o la “gestionabilidad medioambiental” (Crutzen 2002; Steffen et al. 2002, 2007). Entre ellas figuraron diferentes opciones de geoingeniería que contrarrestarían los efectos del calentamiento global, aunque conllevando fuertes conflictos éticos.

También ha de considerarse, por otra parte, la evolución de la ESS tras la fase de legitimación de su objeto epistémico mostrada en el **Capítulo IV**. A partir de 2010, el programa IGBP experimentó un acercamiento más evidente a la aplicabilidad del conocimiento y a la búsqueda de soluciones políticas. El Antropoceno figuró como un concepto clave para subrayar la responsabilidad del ser humano ante los desafíos ecológicos globales, dando nombre a numerosos documentales, talleres, revistas y otra serie de representaciones del paradigma integrador promovido por la *Earth System Science Partnership* (ESSP). El resultado fue su transición al programa *Future Earth: Research for Global Sustainability* (2014), vigente en la actualidad y basado en la investigación internacional conjunta con las ciencias de la sostenibilidad y el abordaje de los retos planteados por el Antropoceno. También en él aparece la cuestión de la geoingeniería y, dadas las dificultades

por lograr los objetivos de sostenibilidad establecidos, la consideración de su investigación aparece con más frecuencia en la narrativa asociada al Antropoceno (Asayama et al. 2019).

Otro tanto cabría decir de la semántica implícita en el “Anthropos” del término propuesto por Crutzen, que identifica el poder de transformación planetaria con el ser humano, pero oculta quién y qué es poderoso, y cómo se ejerce ese poder. De ahí las numerosas propuestas terminológicas alternativas que han sido impulsadas por autores como Moore (2017), para quien el concepto del Antropoceno universaliza, esencializa y naturaliza el comportamiento humano, tanto individual como colectivo. Un agricultor indio, un pastor africano o un habitante de los barrios marginales en Perú, por ejemplo, pasarían a formar parte de una sola “humanidad” con los habitantes del mundo rico, a pesar de ser responsables de manera muy diferente de la devastación ecológica y del sobregiro planetario. Términos como el “Capitaloceno” o el “Econoceno” ponen de relieve, de hecho, la asunciones de fondo que permean la matriz colectiva de los proponentes iniciales del Antropoceno y, como consecuencia, el proyecto del AWG: una visión modernista y occidental de la historia, alumbrada por el ideal de la Ilustración y regida por el progreso científico.

Si bien el concepto Antropoceno impulsado por la ESS no requeriría necesariamente ser correspondido formalmente por parte de la comunidad geológica para que éste tuviese impacto (Malhi 2017), es claro que el AWG ha justificado su cometido en aras de proporcionar un significado útil, coherente y estable a ese concepto (Zalasiewicz et al. 2017, Vidas et al. 2019). Dado que este es su mandato, sería importante atender a los valores que comportaría respaldarlo a través de su incorporación a la Tabla Cronoestratigráfica Internacional, en detrimento de otras opciones formuladas con anterioridad y que también cumplirían los criterios estratigráficos, como el caso del Antropozoico de Stoppani —sin perjuicio de que, también, éste contenga una carga axiológica a valorar. Este último capítulo, en cualquier caso, ha mostrado que la formalización del Antropoceno contiene valores no sólo explícitos, sino también implícitos: estos ejercieron un rol directo en la elección del problema de investigación y posiblemente ejerzan un rol indirecto en la selección y aceptación de las evidencias empíricas que se estimen valiosas.



## GENERAL CONCLUSIONS

Is the formalisation of the Anthropocene value-laden? The answer is a resounding yes. To expand on this claim further: guided not only by epistemic—or cognitive—values, the collective matrix of the *Anthropocene Working Group* (AWG) embodies a set of contextual values both overtly and subtly revealed throughout its discourse. By the notion of a “collective matrix”, I refer here to the “system of values that drives a particular social group’s collective performance”. This is one of the concepts I have developed to characterise the axiological dynamics of scientific activity from a sociohistorical point of view, which, in turn, is composed of a twofold structure: the first, *explicit*—values visibly presented within scientific discourse—and the second, *implicit*—pertaining to tacit or hidden values. These insights all converge into what I have denominated “Historical Axiology”; having served as the main instrumental objective of this dissertation. This approach diverges from the contemporary and occasionally criticised “Historical Epistemology” (Gingras 2010, Feest & Sturm 2011), following a categorical framework that differentiates—but does not separate—the *episteme* from the study of value judgements. I consider such a distinction particularly appropriate, as it involves adopting a similar path once blazed by Ian Hacking (1999, 2002, 2004), who distanced himself from the mainstream terminology being used at the *Max Planck Institute for History of Science* (MPIWG) by treating “Historical Epistemology”, “Historical Meta-epistemology” and “Historical Ontology” as distinct categories of enquiry. The newly initiated Historical Axiology presented here is an integrated form of the axiology and history of science, combining various resources and perspectives from disparate currents in an eclectic fashion. The first example of its practical application can be found in the case study of the geological Anthropocene.

Within the contemporary literature of “Science and Values”, it is widely accepted that axiological neutrality in scientific practice and its associated cognitive outcomes is not possible. Rationality, in fact, is usually understood to be historically value-laden. The consideration of values was at first often confined to the mere acknowledgement of epistemic values or “canons of inference” (Jeffrey 1956, Levi 1960), through which scientists would examine evidence or choose one theory, while discarding others (Kuhn 1982 [1977], McMullin 1988). This resulted in the once prevailing value-free model of science, consisting of an acceptance of cognitive values during the “internal” stages of enquiry, while relegating extra-epistemic values to the “external” realms of science—such as the decision of what investigative paths to pursue, or the potential ethical implications of the methodologies involved in a given experiment. One advocate for this line of thinking was Larry Laudan (1984). However, contributions by Richard Rudner (1954), Helen Longino (1990), Phyllis Rooney (1992) and Kevin Elliott (2017), each demonstrate how the entire process entailed in conceptualising, collecting and interpreting evidence is often so intertwined with contextual values as to render any separation senseless. The examination of the geological Anthropocene supports these findings, notwithstanding the numerous and insistent endeavours by AWG members to separate the practice of stratigraphic analysis from the political aura surrounding their work (Zalasiewicz et al. 2017, Vidas et al. 2019).

I hereby submit the approach of Historical Axiology developed in this dissertation as a means to deconstruct the value-free ideal advocated by the AWG. The germination of this operational framework is rooted in a combination of the predominantly analytical Anglo-Saxon influence present in the axiology of science, along with the historical contributions abounding from the continental sphere of thought. Some strong points provided by the former are its conceptual clarity

and precision; hence, why I place my research within a “Historical Axiology”, rather than a “Historical Epistemology”—where so many of the philosophically-inclined historians’ writings indiscriminately fall. Among axiologists, two noteworthy points of reference are the contributions of Heather Douglas (2000, 2006, 2009, 2016) and Javier Echeverría (1998, 2002, 2003, 2018); with the latter building upon the works of Thomas Kuhn (1982 [1977]), Hilary Putnam (2004, 2008 [1981]) and Nicholas Rescher (2011 [1999]). These thinkers collectively facilitated the formation of a fruitful framework from which a precise understanding of the underlying axiology involved in the conceptualisation of the Anthropocene can be attained. In the first place, for a given scientific statement, values have been regarded as *conditions of possibility*. Values need not be identified with rules, norms, goals or institutional imperatives—as asserted by Merton (1973 [1942])—but instead as the basis upon which these are defined. Nor should they be understood as virtues, principles or behavioural models. This is why I consider conceptualisations such as Lorraine Daston’s “moral economies” (1994), albeit satisfactory for her specific purposes, to suffer from certain analytical limitations. As many pluralist axiologists would agree, the world of values should not be brought together under the single broad notion of morality, but rather encompasses an extensive range of distinct sources, some of which include basics, epistemic, technical, economic, political, ecological, juridical, military, religious, social, aesthetic or moral.

Nonetheless, this axiological pluralism does not imply every sort of value listed is always involved in the history of the Anthropocene. Instead, it consists of a versatile compendium of values, amenable to concretion into historical casuistries. Another nuance of my theoretical perspective is in the formation of *systems of values*: insofar as they should not be understood to stand alone as atomic values with no bearing on one another, as if human activity could be isolated from its context. For this reason, I have argued that even if it is correct to distinguish between epistemic values and contextual values for analytical purposes, this concession does not entail the acceptance that they are unrelated to each other. Indeed, values are jointly co-applied in every scientific endeavour, despite being able to discriminate among them—following Douglas (2006)—according to the relevant manner of influence exerted. Values sometimes wield a *direct role*, and other times, an *indirect role*. As such, there are values belonging to the core of the matrix, whereas others are peripheral. This constitutes a useful analytical distinction in appreciating the philosophical grounds subtracted from the historical case under study.

The above has been illustrated through a primary empirical assessment on the explicit discourse of the AWG. When, in 2008, a group of geologists, led by Jan Zalasiewicz, initiated a new line of research—to assess the formalisation of the Anthropocene on the grounds of its “stratigraphic merit” (Zalasiewicz et al. 2008)—it seems that “utility” was one value having a direct role in the establishment of the team (AWG 2009). The role of *epistemic* utility is nothing novel in the formation of other projects, since it also currently guides the action of the Working Group on the Subdivision of the Holocene Series (WGSHS 2021) and, in general, it frequently appears throughout the International Stratigraphic Guide (Salvador 1994)—which is the main normative reference for stratigraphic practice. However, there is a remarkable feature which sets this case apart from others of its kind: namely, the utilitarian nature of the project was not evaluated exclusively on epistemic grounds, as it also involved the implicit consideration of its usefulness within a broader social context. What we are dealing with here—spoken in my terms—is a *trans-value*; insofar as an original value has been transmuted into various others.

The transmutation of values was partly visible from the very beginning through the involvement of experts from various fields outside of traditional stratigraphic practice. For example, the inclusion of Davor Vidas, a jurist concerned with the potential applications of the project on



international maritime law (AWG 2009). Something similar can be said for the environmental historian John McNeill, or the participation of Paul Crutzen and Will Steffen themselves, who were the original promoters of the Anthropocene, in addition to serving as representatives of the *Earth System Science* (ESS) matrix within the AWG. Implications of “utility” in their respective research fields are by no means restricted to the description of physical or social phenomena, since they have also taken on an applied and prescriptive dimension. Usefulness thus functioned as an explicit value when initially selecting the research subject, but it continued evolving throughout the course of the investigative stage and will certainly be a relevant factor in the final decision-making process (Zalasiewicz et al. 2019). More recently, in fact, it has appeared as a topic of consideration due to its potential relevance in the domain of public health sciences (Vidas et al. 2019). The above examples collectively demonstrate that there is no clear demarcation to be drawn between different research phases.

Many additional values have been explicitly articulated throughout the process of evidence gathering. I have cited as an example the decision taken in May of 2019 to establish a stratigraphic limit through a GSSP—or “golden spike”—as around the mid-20th century (AWG 2020). It seems that some criticisms received due to the perceived political nature of their research (Finney & Edwards 2016) resulted in a strict commitment to ensure the “precision” of their work is in accordance with the axiological canon of traditional stratigraphy, whereby “cohesion” with the rest of the stratigraphic community is seen as a core social value (Lundershausen 2018). In this regard, the GSSP is the most solid benchmark available in determining a boundary on the *International Chronostratigraphic Chart* (ICC). For, it must satisfy a specific set of epistemic values, such as the “globality” and “synchronicity” of the chosen limit. Similarly, stratotypes have to adhere to certain minimal standards of “intelligibility”, “thickness” and “continuity”, as well as containing a sufficient degree of “abundance” and “diversity” in the fossils of the assessed interval. All of this in order to preserve the “clarity”, “simplicity” and “coherence” of the ICC (Salvador 1994). Still, it also needs to accommodate political and moral values, such as “democracy”, “equality”, “freedom”, “anonymity”, “responsibility”, “integrity”, “respect” and “fairness” in the voting processes. In addition, candidate sections for GSSP establishment ought to address values pertaining to the “accessibility” and “safety” of a specific settlement, while being cost-effective to access and ensuring conservation in ecological, economic and legal terms (Cowie et al. 1986, Remane et al. 1996).

Do the above statements serve as an adequate representation of the matrix in its totality? Not at all. Although an analysis of the rules, norms and protocols in scientific study may account for some of the underlying values involved in its practice, it certainly does not provide the whole story. The values that are readily discernible when evaluating a discourse is one thing, whereas the values which conditioned the emergence of the discourse itself are quite another. Here is where the retrospective aspect of my approach proceeds. It is also where it differs from the habitually adopted frameworks following Kuhn’s historicist turn in examining the relationship between history and philosophy—giving rise to the famous debates on the “intimate marriage” (McMullin 1976, Burian 1977) or the “marriage of convenience” (Hanson 1962, Giere 1973). The “theory-evidence” formula typically utilised in academic cultures of Anglo-Saxon-influence presents considerable historical shortcomings that I prefer to avoid (Pitt 2001, Schickore 2011, Chang 2011a, Scholl 2018). Case in point: Echeverría’s thesis on a supposed “technoscientific revolution” (2003), although some of his conceptual tools have proven useful in the development of my own framework. I am also not in agreement with his more recent proposal of naturalising axiology and the history of science (2018). For, the historical study of values should not be anchored to predefined scientific methods, nor should history be reduced to a sort of “laboratory”

for the purpose of analysing evaluative processes and given historical “facts”. Historical Axiology does not take them for granted; they are rather reconstructed through a historical investigation focusing on their social and cultural milieu, its own historiography, along with the constitution of an object that is not scientific, but historical (Canguilhem 2005 [1968]). To conceive of the role of axiology on the one hand, and of the history of science on the other, is a symptom inherited from an unnecessary cultural partition between disciplinary functions that is open to challenge.

The ideas developed in this dissertation can be situated within the stance of *Integrated History and Philosophy of Science* (iHPS), though the historiographical inspirations for my work are traceable to authors such as Gaston Bachelard (2006 [1927]), Georges Canguilhem (2005 [1968]) and Ludwik Fleck (1986 [1935]). The *Épistémologie Historique*, in fact, is an exemplar of how historical research can be understood *ab initio* as intrinsically linked to the philosophical reflection of contemporary themes, in contrast to the purported *a posteriori* overlap between the philosophy and history of science permeating the Anglo-Saxon realm during the 20th century (Vagelli 2019). Both Bachelard and Canguilhem were inspired by the present: with the former seeking to normativise it through acknowledging the “epistemological obstacles” of the past, while the latter focused on identifying the pertinent questions in historical research that needed addressing. In my contribution, I have argued in favour of a *critical presentism* without seeking to normativise scientific practice—in the same vein as Laurent Loison (2016) or Hasok Chang (2020). The goal is thus to determine how a flawed understanding of history might bias the very pursuit of knowledge itself, and how examining its values in hindsight might assist in augmenting the levels of critical awareness among current decision-makers. This can be achieved by transposing Fleck’s comparative theory of knowledge, i.e., through a comparative axiology between a scientific instance stated in the present context—in this case, the Anthropocene as a geological unit of time—with similar such claims that have since fallen into oblivion.

In this manner, Historical Axiology is not intended to serve as a rival to scientific discourse. Its objective is to counterbalance the implausible assumptions and excesses at times adopted by scientists themselves. In my opinion, this is noteworthy, primarily because the current intellectual historiographic output on the Anthropocene is eminently internalist, teleological, and occasionally even approaches propheticism. Initial historical reconstructions attempting to demonstrate the existence of a new geological era resulting from human activity—as a category of thought—tended to identify *a fortiori* similar such claims from the past as “precursors” to its current iteration—one example being Antonio Stoppani’s “Anthropozoic Era” (Crutzen & Stoermer 2000, Crutzen 2002, Steffen et al. 2011, Hamilton & Grinevald 2015). Though a more comprehensive and accurate historical study deserves to be pursued, the academic narratives thus far dedicated to the Anthropocene have largely functioned as a sort of legitimising resource for its conceptualization as a geological time. Many of these chronologies can be subsumed under the framework of the *Integrated History and Future of People on Earth* (IHOPE), an “auto-historiography” established by members from the Global Change community, as well as the research projects of the late 20th century—culminating in the creation of the ESS as a new interdisciplinary research paradigm (Uhrqvist & Linnér 2015). In addition to the Anthropocene, related notions such as the “Great Acceleration of the 20th century” have provided tools for reinterpreting environmental history with the eventual aim of achieving a just and more sustainable future (IHOPE 2021).

The historiography proposed in this dissertation, on the contrary, has not treated the Anthropocene as a vehicle for revisiting recent environmental history. Neither does it act as a summation of previous events, necessarily leading to the realisation of a new geological epoch. In the first place,

I have reconstructed the relevant historical-axiological background, emphasising its attendant role in the systemic conception of the planet Earth, the ESS as an interdisciplinary paradigm and, consequently, the inception of the Anthropocene in 2000 as a novel notion within the *International Geosphere-Biosphere Program* (IGBP). In the second place, I have studied both the content and context of Antonio Stoppani's *Corso di Geologia* (1873)—with particular emphasis on the third volume dedicated to stratigraphy—wherein the Italian geologist pioneered the importance of establishing a new geological era more than twelve decades prior to Crutzen and the AWG. Interestingly, the inherent contrasts between these two historical situations has made it possible to highlight the presence and role of contextual values in each. Which, in turn, indirectly facilitates the estimation of one proposal to the detriment of others, without undermining the existence of an axiological core when determining the veracity of a given scientific postulation.

From 1986 onward, the IGBP has acted as a mainstay within the context of international scientific collaboration, emerging from both shared and growing concerns about the environment and the forces of globalisation (Seitzinger et al. 2015). A review of its formal literature reveals, in fact, how its objectives have stemmed not only from epistemic values, but are also grounded in economic, ecological, political and even in more basic values, such as the “well-being” and “survival” of humankind (IGBP 1986, 1987, 1988). Various historical elements can be utilised in order to understand the underlying axiological orientation at work. The *International Geophysical Year* (IGY) carried out between 1957 and 1958 served as an initial point of inflection in the global and interdisciplinary study of the planet, closely bound with military and geopolitical values (Doel 2003, Goosen 2020). This was followed by a number of subsequent initiatives which would further advance the growing momentum of the IGBP, including the *International Biological Program* (IBP) in 1964 and the *Global Atmospheric Research Program* (GARP) in 1967. Originating in the 1960s, another noteworthy development is attributable to the expansion of various environmental movements with direct links to scientific practice. The publication in 1962 of *Silent Spring* by Rachel Carson, for example, represented the transmission of fundamental ecological principles into clear environmental messages, uniting epistemic values with fledgling ecological values. With each of these efforts undertaken in order to defy the economic values of large corporations, as well as the utilitarian conception of science as a means to control nature (Huq & Paul 2012).

In the late 1960s and early 1970s, several events occurred, instilling even greater importance to forecasting the future of humankind within a single global system. The foundation of the Club of Rome in 1968, and the resulting publication of the *Limits to Growth* (Meadows et al. 1972) opened the public's imagination to reevaluate the relationship between humanity and the planet (Garforth 2019). The report presented this relationship through the logical lexicon of systems theory, rewriting the Earth as a unified object of both scientific knowledge and management. Although the theory of a single planetary limit to growth would eventually be replaced in the mid-1980s by multiple paths of “sustainable development” (Brundtland 1987), it ushered in a means of projecting global trajectories that could claim to be scientific, in contrast to the empirical Earth in traditional geology. The first images of Earth taken from outer space served as the prelude to this shift, which from 1966 to 1972, signalled an axiological gravitation towards a less exploitative view of the planet through highlighting ecological values and the perception of Earth as a single system—especially within NASA (Brown 2001, Poole 2008, Spier 2019). One such example, introduced in the 1970s by James Lovelock and Lynn Margulis, being the Gaia hypothesis, and underscored the significance of the interrelationships shared by different components of the Earth, as opposed to the conventional geophysical account of the planet (Warde et al. 2018).

Meanwhile, from the 1960s, the awareness of climate change started categorising human activity as an integral factor in its existing understanding, having been an idea in active development since the initial turn of the century ([Conservation Foundation 1963](#)). The oil “energy crisis” of 1973, widespread weather catastrophes occurring across the planet, along with the rise of ecological values in society, collectively elevated global warming to the top of the scientific agenda ([Weart 2010](#)). By the 1980s, the central ideas surrounding anthropogenic climate change had already spread into the public domain, including its relationship to fossil fuel burning and other sources of human-made greenhouse gas emissions. This mindset circulated most profusely after 1985, when a group of scientists—among them, Paul Crutzen ([Crutzen & Arnold 1986](#))—warned about an ozone depletion detected in the atmosphere, reinforcing once more the necessity of global environmental values being at the forefront of scientific policy ([Rubinson 2014](#), [Grevsmühl 2017](#)). Within this historical-axiological context, a number of programmes arose in the mid-1980s—driven by international and interdisciplinary cooperation—which were oriented towards the uncovering of knowledge that could prove useful in evaluating future global changes.

In my dissertation, I have primarily focused on the initiatives undertaken by the IGBP, which—following NASA’s desire to establish a new Earth System science ([NASA Advisory Council 1986](#))—from 1986 to 2000 dedicated much of their research efforts towards understanding the interactions between physical, chemical and biological planetary processes from a systemic framework. During a crucial period of synthesis from 1999 to 2003, the first phase of the programme concluded with the successful integration of the Earth System’s components, where human actions were qualified as having a vital role in the system ([Steffen et al. 2002](#)). It was precisely within this context that Crutzen’s mentioning of a new geological epoch—namely, the “Anthropocene”—emerged ([Crutzen & Stoermer 2000](#)). It was not a matter of random happenstance, nor was it a radical and spontaneous insight which inexplicably rose to fame among scientific circles. Rather, the conception of the Anthropocene is understandable when considered in conjunction with its historical-axiological underpinnings. Moreover, it stands as a legitimising pillar in the new interdisciplinary paradigm of the ESS, in the recognition of anthropogenic global change, and in conceiving of the Earth System as an additional object of enquiry and intervention—all captured through the use of single a term articulated by one of its most prominent members. Following this breakthrough, the generation of further programmes was further reinforced via the establishment of the *Earth System Science Partnership* (ESSP), as the Anthropocene became an increasingly popular unifying idea ([Malhi 2017](#))—until a group of geologists entered the scene.

The progressive nature of the developments above mentioned are set in opposition to the purview of northern Italian geology during the second half of the 19th century. As a Catholic priest by vocation and an adherent to concordism, Stoppani dismissed the reigning Darwinian paradigm, instead attributing the origin of humankind on Earth to an act of divine creation. Everything remained “submerged” in partisan literature that—together with other concordist writings from the late 19th and early 20th century—faded away into oblivion ([Vaccari 2015](#), [Lucchesi 2017](#)). In spite of his particular interpretation of the Bible, this nevertheless did not hinder his claims from being in compliance with a clear stratigraphic criterion and were consistent with the chronostratigraphic table formulated by Charles Lyell only a few decades earlier ([Lyell 1855](#)). Does this imply that, had Stoppani presented his idea of the Anthropozoic era in terms compatible with the prevailing evolutionary perspective, his proposals would have occasioned more merit? No, this is merely baseless speculation. However, it is indicative of the fact that instances of humankind as a geological agent appear to carry implicit contextual values, and the axiological nucleus assessing the soundness of a statement has undergone a process of historical evolution.



Can the AWG matrix also be said to possess an implicit axiological dimension? Indeed it does. This is discernible when comparing the points of contrast between both historical contexts. As mentioned, Stoppani has sometimes been cited in scientific discourse on the Anthropocene as one of its “precursors”. Another way of interpreting his work is to consider it as an overlooked historical alternative within the stratigraphic tradition. One might suppose that the reasoning behind this is essentially because Stoppani’s formulation falls short of satisfying the matrix core of modern stratigraphy—which certainly has no room for concordism. But this is not necessarily the case. The geologist Valentí Rull (2021) recently argued that the plentiful clues provided by Stoppani’s research, even if outdated, can perfectly be reassessed and adapted to fulfil the modern criteria of the ICS. Doing so could even solve several problems and common criticisms of the Anthropocene; primarily, that it refers to a very short period in comparison to deep time. Since its outset, however, the conformation of the AWG has been directly linked to the ESS’s proposition and its associated “popularity” both within and without the academic world (Zalasiewicz et al. 2008, 2017). Instead, what we see here is a reversal of the process from the habitual; and no other historical alternatives were subsequently explored.

Bearing in mind the distinction between the values *in* science and the value *of* science (Echeverría 2018), I have argued in my dissertation that the AWG contains implicit values embedded within its very foundation: the values conferred on the ESS as such—which might tacitly entail the absorption of novel values into traditional stratigraphic practice. More generally, the ESS can itself be conceived of as a transvalued object, insofar as its worth is estimated in epistemic, social, ecological, economic, moral and even more basic terms. Since its inception in 1986, the ESS was created for the purpose of ensuring certain essential values were not being neglected, including as human “survival” and “quality of life” (NASA Advisory Council 1986). When the IGBP program first emerged, its main function was to address the potential challenges presented by global change in order to anticipate both the economic and ecological costs and benefits (IGBP 1986). The knowledge gathered was gradually utilised for political purposes, with the *Our Common Future* report being of particular influence, as well as the growing interest in the value of “sustainability” (Brundtland 1987). Following the Declaration of Amsterdam in 2001, the systemic conception of the Earth has since been asserted as an epistemic valuable object, facilitating an increasing degree of understanding, as well as an evolving assessment of the effects and consequences involved in human-driven global change (Steffen et al. 2004). Ecological, political and moral values were later included as important points of consideration, urging the formation of an ethical framework to promote global stewardship and strategies for the management of the Earth System. This resulted in the materialisation of the current Future Earth program (2014), where the value of knowledge has been further intensified in order to uncover solutions of sustainable development.

For the AWG, it is quite apparent that the Earth System functions as an epistemically valued object, in opposition to the positions shared by other prominent members within the stratigraphic community. Proposals adopting an alternative scientific framework conflicting with the recently conceived ESS have often been dismissed on this basis alone (Hamilton 2016). One such example comes from the geologist William Ruddiman—notoriously critical of Crutzen’s hypothesis—with his theory of the “Early Anthropocene” (2003, 2013). For the ESS, the Anthropocene represents an appreciable change of state in the Earth System as an original epistemic object, as distinguishable from those permeating traditional Earth sciences. Evidence of their endorsement of this new conception can be noted through the following: the inclusion of ESS members within the collective, the use of systemic jargon in several of their communications, in conjunction with the application of results and indicators—such as those of the Great Acceleration—as their

justification for a GSSP being in the mid-20th century (Head et al. 2021). This, however, begs the question: is it possible to isolate an implicit epistemic value from other values, including contextual ones? My response is a firm no.

Geologists Finney and Edwards (2016) were inclined to think the same through their suggestion that the formalisation of the Anthropocene might, in actuality, be a political rather than scientific issue. Perhaps unsurprisingly, the AWG continues insisting their work remains strictly stratigraphic; removed from any social or political implications (Zalasiewicz et al. 2019), upholding a value-free ideal in its research. At the time of writing this dissertation, the process of evidence gathering is still ongoing. Thus, it is currently unknown to what extent axiological complicity with the ESS paradigm is exerting an influence, albeit indirectly, on the internal acceptance or dismissal of evidence. Neither can the political and social consequences entailed by the eventual formalisation of the Anthropocene be foretold in advance. Yet, no matter the decision ultimately taken, they will unavoidably carry certain social and political impacts. For the project itself is informed by a concept imbued not only with epistemic, but contextual values as well. Their value-free ideal, then, is precisely this: an ideal. The purported commitment to “objectivity” often alluded to, for instance, entails a specific moral standard. Hence, evaluating the possible implications by bringing the implicit values involved into conscious awareness could prove to be a worthwhile endeavour. Whereas assuming the risk of acknowledging their existence responds to a range of non-epistemic values, with the potential to influence the project’s outcome. (Rudner 1954, Douglas 2000).

Two implications can be identified by way of illustration. First, the literature inspiring the necessity of a stratigraphic study of the Anthropocene in 2008 identified the description of this new epoch—from the perspective of the ESS—with a set of prescriptions. As a result, its supporters associated the Anthropocene with the suggestion of seeking technological resolutions for the sake of “sustainability” or “environmental stewardship” (Crutzen 2002; Steffen et al. 2002, 2007). Among these included various geoengineering solutions to counteract the effects of global warming, albeit rife with ethical conflicts. They also feature in the current Future Earth programme, where the Anthropocene reigns supreme (Asayama et al. 2019). Second, the “Anthropos” aspect of the Anthropocene entails “background assumptions” that “encode social values” to state it in Longino’s terms (1990). Numerous alternative terminological proposals have thus emerged in recent years—such as Moore’s “Capitalocene” (2017)—calling into question the implicit universalist, essentialist and naturalised conception of human agency. In establishing the isotope Plutonium-239, procured through atomic testing, as a chemostratigraphic indicator—supposedly lending credence to placing a GSSP in the mid-20th century—was the whole “Anthropos” responsible for this very determination? Members of the AWG might contend that the desirability of such latent values falls outside the purview of their research. Even so, this rebuttal is nothing more than a value-laden nuance particular to their collective matrix, thereby operating as a challenge to the value-free ideal underlying their claim.

Some are inclined to think that the scientific framing of the Anthropocene embodies a conventional modernist and westernised view of history, informed by Enlightenment ideals and governed by scientific progress. These background assumptions are certainly present in the historiography of IHOPE, where ESS’s narrative of the Anthropocene is rooted. If the AWG has adequately justified its mission in the interests of imbuing a “useful”, “coherent” and “stable” significance to this concept (Zalasiewicz et al. 2017, Vidas et al. 2019), then someone might suggest taking all of this into account. On my part, the dissertation hereby defended criticises the pointlessness of the AWG’s discourse, which—whether consciously or not—essentially



advocates for a non-existent axiological neutrality on the matter. This is the proposed aim of Historical Axiology, though it has only just begun its development here. The theoretical order from analytical axiology has provided salient interpretive tools, with which to narrate specific historical episodes in a versatile and coherent manner, yet devoid of any attempts to construct general constricting theories, and always remains open to potential remodelling. An interminably unfinished task, the history of science has precisely facilitated this situated reflection on values. The circular integration between axiology and history has given rise to the germination of a multifaceted critique of a compelling issue currently facing science.



# ANEXO I. The “Anthropocene”, by Paul J. Crutzen and Eugene F. Stoermer [2000]

## GLOBAL CHANGE NEWSLETTER

No. 41

May  
2000

The International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP): A Study of Global Change  
of the International Council for Science (ICSU)

The name Holocene (“Recent Whole”) for the post-glacial geological epoch of the past ten to twelve thousand years seems to have been proposed for the first time by Sir Charles Lyell in 1833, and adopted by the International Geological Congress in Bologna in 1885 (1). During the Holocene mankind’s activities gradually grew into a significant geological, morphological force, as recognised early on by a number of scientists. Thus, G.P. Marsh already in 1864 published a book with the title “Man and Nature”, more recently reprinted as “The Earth as Modified by Human Action” (2). Stoppani in 1873 rated mankind’s activities as a “new telluric force which in power and universality may be compared to the greater forces of earth” [quoted from Clark (3)]. Stoppani already spoke of the anthropozoic era. Mankind has now inhabited or visited almost all places on Earth; he has even set foot on the moon.

The great Russian geologist V.I. Vernadsky (4) in 1926 recognized the increasing power of mankind as part of the biosphere with the following excerpt “... the direction in which the processes of evolution must proceed, namely towards increasing consciousness and thought, and forms having greater and greater influence on their surroundings”. He, the French Jesuit P. Teilhard de Chardin and E. Le Roy in 1924 coined the term “noosphere”, the world of thought, to mark the growing role played by mankind’s brainpower and technological talents in shaping its own future and environment.

The expansion of mankind, both in numbers and per capita exploitation of Earth’s resources has been astounding (5). To give a few examples: During the past 3 centuries human population increased tenfold to 6000 million, accom-

panied e.g. by a growth in cattle population to 1400 million (6) (about one cow per average size family). Urbanisation has even increased tenfold in the past century. In a few generations mankind is exhausting the fossil fuels that were generated over several hundred million years. The release of SO<sub>2</sub>, globally about 160 Tg/year to the atmosphere by coal and oil burning, is at least two times larger than the sum of all natural emissions, occurring mainly as marine dimethyl-sulfide from the oceans (7); from Vitousek et al. (8) we learn that 30-50% of the land surface has been transformed by human action; more nitrogen is now fixed synthetically and applied as fertilizers in agriculture than fixed naturally in all terrestrial ecosystems; the escape into the atmosphere of NO from fossil fuel and biomass combustion likewise is larger than the natural inputs, giving rise to photochemical ozone (“smog”) formation in extensive regions of the world; more than half of all accessible fresh water is used by mankind; human activity has increased the species extinction rate by thousand to ten thousand fold in the tropical rain forests (9) and several climatically important “greenhouse” gases have substantially increased in the atmosphere: CO<sub>2</sub> by more than 30% and CH<sub>4</sub> by even more than 100%. Furthermore, mankind releases many toxic substances in the environment and even some, the chlorofluorocarbon gases, which are not toxic at all, but which nevertheless have led to the Antarctic “ozone hole” and which would have destroyed much of the ozone layer if no international regulatory measures to end their production had been taken. Coastal wetlands are also affected by humans, having resulted in the loss of 50% of the world’s man-

groves. Finally, mechanized human predation (“fisheries”) removes more than 25% of the primary production of the oceans in the upwelling regions and 35% in the temperate continental shelf regions (10). Anthropogenic effects are also well illustrated by the history of biotic communities that leave remains in lake sediments. The effects documented include modification of the geochemical cycle in large freshwater systems and occur in systems remote from primary sources (11-13).

Considering these and many other major and still growing impacts of human activities on earth and atmosphere, and at all, including global, scales, it seems to us more than appropriate to emphasize the central role of mankind in geology and ecology by proposing to use the term “anthropocene” for the current geological epoch. The impacts of current human activities will continue over long periods. According to a study by Berger and Loutre (14), because of the anthropogenic emissions of CO<sub>2</sub>, climate may depart significantly from natural behaviour over the next 50,000 years.

To assign a more specific date to the onset of the “anthropocene” seems somewhat arbitrary, but we propose the latter part of the 18th century, although we are aware that alternative proposals can be made (some may even want to include the entire holocene). However, we choose this date because, during the past two centuries, the global effects of human activities have become clearly noticeable. This is the period when data retrieved from glacial ice cores show the beginning of a growth in the atmospheric concentrations of several “greenhouse gases”, in particular CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> (7). Such a starting date also coincides with James Watt’s invention of the steam

engine in 1784. About at that time, biotic assemblages in most lakes began to show large changes (11-13).

Without major catastrophes like an enormous volcanic eruption, an unexpected epidemic, a large-scale nuclear war, an asteroid impact, a new ice age, or continued plundering of Earth’s resources by partially still primitive technology (the last four dangers can, however, be prevented in a real functioning noosphere) mankind will remain a major geological force for many millennia, maybe millions of years, to come. To develop a world-wide accepted strategy leading to sustainability of ecosystems

against human induced stresses will be one of the great future tasks of mankind, requiring intensive research efforts and wise application of the knowledge thus acquired in the noosphere, better known as knowledge or information society. An exciting, but also difficult and daunting task lies ahead of the global research and engineering community to guide mankind towards global, sustainable, environmental management (15).

We thank the many colleagues, especially the members of the IGBP Scientific Committee, for encouraging correspondence and advice.

**Paul J. Crutzen**

Max-Planck-Institute for Chemistry  
Division of Atmospheric Chemistry  
P.O. Box 3060  
D-55020 Mainz  
GERMANY  
Email: air@mpch-mainz.mpg.de

**Eugene F. Stoermer**

Center for Great Lakes and Aquatic  
Sciences  
University of Michigan  
Ann Arbor, Michigan 48109-1090  
USA



# ANEXO II. Tabla Cronoestratigráfica Internacional [2022]

Eonotema / Eón Eratema / Era Sistema / Período	Serie / Época	Piso / Edad	GSSP	Edad (Ma) actualizado
Fanerozoico	Cuaternario	Holoceno	Megalyense Nogrolyense Groenlandiense	0.0042 0.0050 0.0117
		Pleistoceno	Superior	0.129
			Chibaniense	0.774
		Neógeno	Calabriense	1.80
			Gelasienne	2.58
	Plioceno		Piacenziense	3.600
			Zancliense	5.333
	Mioceno		Messiniense	7.246
		Tortonienne	11.63	
		Serravallienne	13.82	
		Langhiense	15.97	
		Burdigaliense	20.44	
	Oligoceno	Aquitaniense	23.03	
		Chattienne	27.82	
		Rupeliense	33.9	
		Eoceno	Priaboniense	37.71
			Bartoniense	41.2
	Paleoceno	Luteciense	47.8	
		Ypresiense	56.0	
		Thanetiense	59.2	
Selandiense		61.6		
Daniense		66.0		
Mesozoico	Superior	Maastrichtiense	72.1 ± 0.2	
		Campaniense	83.6 ± 0.2	
		Santonienne	86.3 ± 0.5	
		Coniaciense	89.8 ± 0.3	
		Turonienne	93.9	
	Inferior	Cenomaniense	100.5	
		Albiense	~ 113.0	
		Aptiense	~ 121.4	
		Barremiense	~ 129.4	
		Hauteriviense	~ 132.6	
Valanginiense	~ 139.8			
Berriasiense	~ 145.0			

Eonotema / Eón Eratema / Era Sistema / Período	Serie / Época	Piso / Edad	GSSP	Edad (Ma) ~ 145.0
Fanerozoico	Jurásico	Titoniense	152.1 ± 0.9	
		Superior	Kimmeridgiense	157.3 ± 1.0
			Oxfordiense	163.5 ± 1.0
		Medio	Calloviense	166.1 ± 1.2
			Bathonienne	168.3 ± 1.3
	Bajociense		170.3 ± 1.4	
	Inferior	Aalenienne	174.1 ± 1.0	
		Toarciense	182.7 ± 0.7	
		Pliensbachiense	190.8 ± 1.0	
	Triásico	Superior	Sinemuriense	199.3 ± 0.3
			Hettangiense	201.3 ± 0.2
		Rhaetiense	~ 208.5	
		Medio	Noriense	~ 227
			Carniense	~ 237
	Inferior	Ladiniense	~ 242	
		Anisiense	247.2	
	Pérmico	Superior	Olenekiense	251.2
			Induense	251.2
		Changhsingiense	251.802 ± 0.024	
		Lopingiense	254.14 ± 0.07	
Wuchiapingiense		259.51 ± 0.21		
Paleozoico	Superior	Capitaniense	264.28 ± 0.16	
		Wordiense	266.9 ± 0.4	
	Guadalupiense	273.01 ± 0.14		
	Medio	Roadiense	283.5 ± 0.6	
		Kunguriense	283.5 ± 0.6	
Inferior	Artinskiense	290.1 ± 0.26		
	Cisuraliense	290.1 ± 0.26		
Carbonífero	Superior	Sakmariense	293.52 ± 0.17	
		Asseliense	298.9 ± 0.15	
	Medio	Gzheliense	303.7 ± 0.1	
		Kasimoviense	307.0 ± 0.1	
	Inferior	Moscoviense	315.2 ± 0.2	
Bashkiriense		323.2 ± 0.4		
Misisípico	Superior	Serpukhoviense	323.2 ± 0.4	
		Viseense	330.9 ± 0.2	
	Medio	Viseense	348.7 ± 0.4	
		Tournaiense	358.9 ± 0.4	
	Terreneuviense	358.9 ± 0.4		

Eonotema / Eón Eratema / Era Sistema / Período	Serie / Época	Piso / Edad	GSSP	Edad (Ma) 358.9 ± 0.4
Fanerozoico	Devónico	Superior	Fameniense	372.2 ± 1.6
			Frasniense	382.7 ± 1.6
		Medio	Givetienne	387.7 ± 0.8
			Eifeliense	393.3 ± 1.2
			Emsiense	407.6 ± 2.6
	Inferior	Pragiense	410.8 ± 2.8	
		Lochkoviense	419.2 ± 3.2	
	Silúrico	Superior	Prídoli	423.0 ± 2.3
			Ludlow	425.6 ± 0.9
		Medio	Wenlock	427.4 ± 0.5
			Llandovery	430.5 ± 0.7
		Inferior	Horstiense	433.4 ± 0.8
	Sheinwoodiense		433.4 ± 0.8	
	Ordovícico	Superior	Telychiense	438.5 ± 1.1
			Aeroniense	440.8 ± 1.2
		Medio	Rhuddaniense	443.8 ± 1.5
			Himantiense	445.2 ± 1.4
		Inferior	Katiense	453.0 ± 0.7
	Sandbiense		458.4 ± 0.9	
	Cambriico	Superior	Darriwiliense	467.3 ± 1.1
Dapingiense			470.0 ± 1.4	
Medio		Floiese	477.7 ± 1.4	
		Tremadociense	485.4 ± 1.9	
Inferior		Piso 10	~ 489.5	
	Furongiense	~ 494		
Paleozoico	Superior	Jiangshaniense	~ 497	
		Paibiense	~ 497	
	Medio	Guzhangsiense	~ 500.5	
		Miaolingiense	~ 504.5	
	Inferior	Drumense	~ 504.5	
Wuliense		~ 509		
Precámbrico	Serie 2	Piso 4	~ 514	
		Piso 3	~ 521	
	Medio	Piso 2	~ 529	
		Terreneuviense	~ 529	
	Fortuniense	538.8 ± 0.2		

Eonotema / Eón Eratema / Era Sistema / Período	Serie / Época	Piso / Edad	GSSP	Edad (Ma) 538.8 ± 0.2
Precámbrico	Neoproterozoico	Ediacárico	~ 635	
		Criógenico	Tónico	~ 720
			Esténico	1000
		Mesoproterozoico	Ectásico	1200
			Caímico	1400
	Estatérico		1800	
	Paleoproterozoico	Orosírico	1800	
		Riácico	2050	
		Sidérico	2300	
		Neoarcaico	2500	
		Mesoarcaico	2800	
	Arcaico	Paleoarcaico	3200	
		Eoarcaico	3600	
		Hádico	4000	
			~ 4600	
		~ 4600		

Todas las unidades de esta Tabla, cualquiera que sea su rango, se definen por el Estratotipo Global de Límite (GSSP - Global Boundary Stratotype Section and Point) referido siempre a su límite inferior. Este proceso se halla todavía inacabado e incluirá las unidades del Arcaico y Proterozoico, cuyas divisiones se convirtieron inicialmente mediante edades absolutas (GSSA - Global Standard Stratigraphic Ages). La posición de los GSSP oficiales se indica en la tabla mediante el símbolo del "Clavo Dorado" (Golden Spike), que los materializa en el terreno. El original de la tabla en distintos idiomas y formatos, junto con los detalles de los estratotipos globales de límite (criterio de definición de cada uno, localización geográfica y geológica, corrección, etc.), están disponibles en la web [www.stratigraphy.org](http://www.stratigraphy.org).

Las edades absolutas, expresadas en millones de años (Ma), son sólo orientativas, pues tanto el Ediacárico como las unidades del Fanerozoico se definen formalmente por sus correspondientes GSSP, en vez de por edades numéricas. No obstante, para aquellas divisiones que no cuentan aún con un estratotipo global o con edades bien establecidas, se indican las dataciones aproximadas (~ Ma) de sus límites. Las edades numéricas han sido tomadas de Gradstein et al. (A Geologic Time Scale 2012), con excepción de las correspondientes al Cuaternario, Paleógeno superior, Cretácico, Triásico, Pérmico, Cámbrico y Precámbrico, que fueron aportadas por las subcomisiones respectivas de la ICS-IUGS.

Tabla diseñada por K.M. Cohen, D.A.T. Harper, P.L. Gibbard y N. Car © International Commission on Stratigraphy (IUGS), Febrero 2022

Clav como: Cohen, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L. & Fan, J.-X. (2013, actualizado). The ICS International Chronostratigraphic Chart. Episodes 36: 199-204.

<http://www.stratigraphy.org/ICSChart/ChronostratChart2022-02spanish.pdf>

La norma de colores se rige por la de la Comisión del Mapa Geológico del Mundo (CCGM-IUGS) - [www.ccmg.org](http://www.ccmg.org)

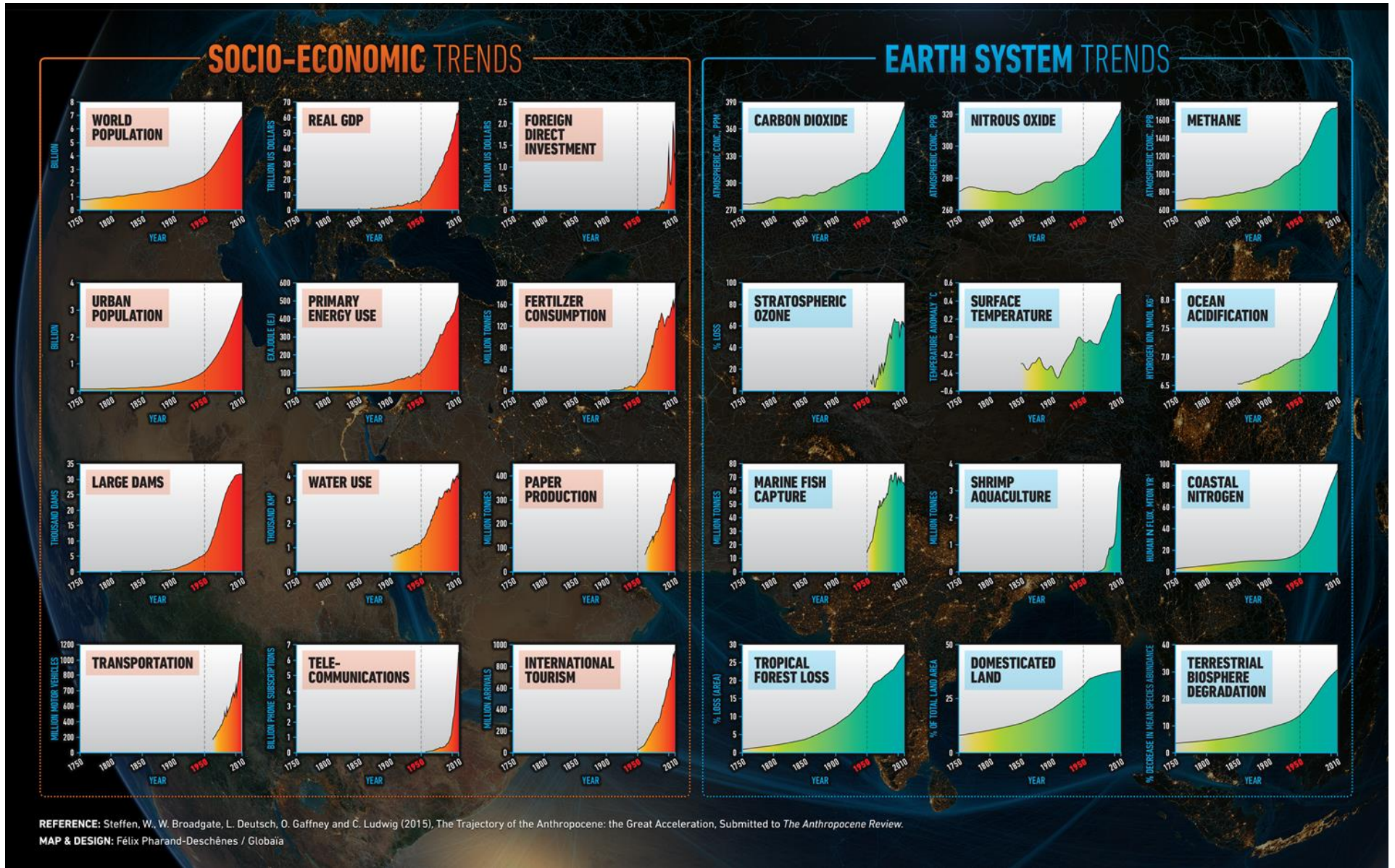


Traducción al castellano de J.C. Gutiérrez-Marco en colaboración con: Sociedad Geológica de España, Instituto Geológico y Minero de España (CSIC), Instituto de Geociencias (CSIC-UCM) y Real Academia de Ciencias.





# ANEXO III. Gráficos de la Gran Aceleración del siglo XX [2015]



---

CAPITOLO XXXI.

PRIMA ETÀ DELLA PIETRA OD EPOCA ARCHEOLITICA.

PERIODO PRIMO DELL'ÈRA ANTROPOZOICA.

1326. Le formazioni, che stanno per rappresentarci una grand' èra novella, non costituiscono pei geologi che un'ultima, trascurabile, appendice dei terreni quaternari, sui quali abbiamo fondata l' èra neozoica. Prevedo che si griderà allo scandalo, alla violazione di tutte le leggi di proporzione, mentre quei terreni non aggiungono che una frazione indifferente alle grandi masse che compongono la crosta del globo, e rappresentano un brevissimo periodo nella storia della terra. Ancor maggiormente allo scandalo grideranno quei tali (non sono, per buona sorte, gli aventi maggior voce in capitolo), che proclamano l'uomo terziario, e nella creatura sovrana dell'universo non riconoscono che l'ignobile schiatta di un antico quadrumane. Rispondendo ai primi soltanto (a quelli cioè che si scandalizzeranno perchè si voglia levare alla dignità di un' èra un periodo che sfuggirebbe al calcolo per la sua tenuità, quando lo si volesse p. es., misurare coll' èra paleozoica) li rimanderò a quanto ho detto sul principio del capitolo precedente. Quando mai, ripeto, si divisero le epoche secondo la lunghezza della loro durata? Non è egli vero, come dissi, che per le divisioni nella storia fu presa per base, non la lunghezza dei periodi, ma l'importanza degli avvenimenti? Ritenuto il paragone tra la geologia e la storia, parlandosi dell' èra antropozoica singolarmente, è il caso di riflettere come l'introduzione di un nuovo elemento, di una nuova forza, che impresse all'umanità o ad una nazione un nuovo impulso, che separò il vecchio dal nuovo, piantando sulle rovine di un vecchio edificio politico, intellettuale o morale, le fondamenta di un edificio novello, servì specialmente a datare le epoche tanto della storia universale, quanto delle storie particolari. Richiamiamo ancora con piacere, e credo molto a proposito nel caso nostro, da quale avvenimento si credette motivata l'aper-



tura dell'era volgare. Quand' è che (piuttosto per una necessità sentita dall'universo, che per una convenzione ammessa dagli storici di tutte le nazioni) ricominciassi a contar gli anni daccapo, e si stabilirono le due ère, in cui si riparte la storia universale? Questo avvenne quando risuonò nel mondo la grande parola; quando fu introdotto, in seno alla pasta invecchiata delle antiche società pagane, il fermento cristiano, l'elemento nuovo per eccellenza, che all'antica servitù sostituiva la libertà, alle tenebre la luce, alla caduta e alla degenerazione il risorgimento e il vero progresso dell'umanità.

1327. È in questo senso precisamente che io non dubito di proclamare l'era antropozoica. La creazione dell'uomo è l'introduzione di un elemento nuovo nella natura, di una forza affatto sconosciuta ai mondi antichi. E si badi bene che io parlo dei mondi fisici, poichè la geologia è la storia del pianeta, non già del mondo intellettuale e morale. Ma il nuovo essere, insediato sul vecchio pianeta, il nuovo essere che, non solo come gli antichi abitatori del globo, riunisce il mondo inorganico all'organico, ma, con conubio affatto nuovo e misterioso, la fisica natura sposa al principio intellettuale e morale; questa creatura veramente nuova in sè stessa, è anche pel mondo fisico un nuovo elemento: è una nuova forza tellurica, che, per la sua potenza e universalità, non sviene in faccia alle maggiori forze del globo.

1328. La geologia si sente anch' essa spinta sopra una nuova via, sente che le vengono meno i suoi mezzi più potenti, i suoi criterî più sicuri: diviene una nuova scienza anch'essa. Già l'era neozoica la obbligava a buttarsi sopra una via molto diversa da quella che aveva battuto quando narrava gli avvenimenti delle epoche più antiche. La scienza degli antichi mari, era già costretta a diventare la scienza dei nuovi continenti. Ma anche questa nuova via non può condurre la geologia fino alla meta. Più non le basta di considerare la terra sotto l'impulso delle forze telluriche; una nuova forza impera quaggiù; l'antica natura si svisa, quasi si dilegua sotto la nuova natura. Non siamo che al principio dell'era novella; eppure quanto è già profonda l'orma umana in sulla terra! Da poco tempo l'uomo ne ha preso possesso; eppure di quanti fenomeni geologici noi siamo già costretti a cercare le ragioni, non negli agenti tellurici, nell'atmosfera, nelle acque, negli animali terrestri o marini, ma nell'intelligenza dell'uomo, nel suo volere invasore e prepotente! In quanti fatti si traduce già quel dominio sovrano, che da Dio venne all'uomo trasmesso, quando ancora innocente udiva quelle profetiche parole: *Crescete e moltiplicatevi; riempite la terra, assoggettatela; stendete il vostro dominio sui pesci del mare, sui volatili del cielo, su tutti gli animali che brulicano sulla terra,* ' e quando, reso colpevole, udiva intimarsi: *Ti ciberai di pane col sudore della tua fronte?* '.



## BIBLIOGRAFÍA

- Anthropocene Magazine (2022): *Introducing Anthropocene. Innovation in the Human Age*. Recuperado el 9 de abril de: [www.anthropocenemagazine.org/about-us/](http://www.anthropocenemagazine.org/about-us/)
- Autin W.J, Holbrook J.M. (2012): “Is the Anthropocene an issue of stratigraphy or pop culture?”. *GSA Today*, vol. 22, n° 7, pp. 60-61.
- Arabatzis, T. (2011): “On the Historicity of Scientific Objects”. *Erkenn*, vol. 75, n° 3, pp. 377-390.
- Asayama S., Sugiyama M., Ishii A., Kosugi T. (2019): “Beyond solutionist science for the Anthropocene: To navigate the contentious atmosphere of solar geoengineering”. *The Anthropocene Review*, vol. 6, n° 1-2, pp. 19-37.
- AWG (2009): *Anthropocene Working Group of the Subcommission on Quaternary Stratigraphy (International Commission on Stratigraphy). Newsletter 1, December 2009*. Recuperado el 9 de abril de 2022 de: [quaternary.stratigraphy.org/wp-content/uploads/2018/08/Anthropocene-Working-Group-Newsletter-No1-2009.pdf](http://quaternary.stratigraphy.org/wp-content/uploads/2018/08/Anthropocene-Working-Group-Newsletter-No1-2009.pdf)
- AWG (2020): *Newsletter of the Anthropocene Working Group. Volume 10: Report of activities 2020*. Recuperado el 9 de abril de 2022 de: [quaternary.stratigraphy.org/wp-content/uploads/2021/03/AWG-Newsletter-2020-Vol-10.pdf](http://quaternary.stratigraphy.org/wp-content/uploads/2021/03/AWG-Newsletter-2020-Vol-10.pdf)
- AWG (2022): *Working Group on the ‘Anthropocene’*. Recuperado el 9 de abril de 2022 de: [quaternary.stratigraphy.org/working-groups/anthropocene/](http://quaternary.stratigraphy.org/working-groups/anthropocene/)
- Bachelard, G. (2006 [1927]): *Essai sur la connaissance approchée*, Paris: Librairie Philosophique Vrin.
- Balzer, W., Moulines, U., Sneed, J.D. (2012 [1987]): *Una arquitectónica para la ciencia. El programa estructuralista*. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes Editorial.
- Baskin, J. (2015): “Paradigm dressed as epoch: The ideology of the Anthropocene”. *Environmental Values*, vol. 24, n° 1, pp. 9-29.
- Beck, S. (2019): “Coproducing Knowledge and Politics of the Anthropocene: The Case of the Future Earth Program”. En F. Biermann y E. Löwbrand (Eds.), *Anthropocene Encounters. New Directions in Green Political Thinking* (Parte III, pp. 191-211). Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.
- Berkner, L.V. (1954): “International Scientific Action: The International Geophysical Year 1957-58”. *Science*, vol. 119, n° 3096, pp. 570-575.
- Beynon, W. J. G. (Ed.) (1970): *Annals of the International Geophysical Year*. Oxford, Reino Unido: Pergamon Press Ltd.
- Biddle, J. (2013): “State of the Field: Transient Underdetermination and Values in Science”, *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, vol. 44, n° 1, pp. 124-133.
- Bird, A. (2022): “Thomas Kuhn”, *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Spring 2022 Edition), Edward N. Zalta (Ed.). Recuperado el 9 de abril de 2022 de: [plato.stanford.edu/archives/win2018/entries/thomas-kuhn/](http://plato.stanford.edu/archives/win2018/entries/thomas-kuhn/)
- Braithwaite, R. B. (1953): *Scientific Explanation*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Braunstein, J-F. (2012): “Historical Epistemology. Old and New”. En Braunstein, Schmidgen, Schöttler (Eds.), *Conference Epistemology and History. From Bachelard and Canguilhem to Today’s History of Science* (Preimpresión 434, pp. 33-40), Berlin: Max Planck Institute für Wissenschaftsgeschichte.
- Brooten, G. (2016): *The Very Useful Notion: A Rhetorical History of the Idea of Human-made Climate Change, 1950-2000* [Tesis doctoral, Universidad Atlántica de Florida], ProQuest Dissertations Publishing.

- Brown, A. (2001): *Whole Earth Visionary*. Recuperado el 9 de abril de 2022 de: [www.theguardian.com/education/2001/aug/04/artsandhumanities.highereducation](http://www.theguardian.com/education/2001/aug/04/artsandhumanities.highereducation)
- Brundtland Commission (1987): *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*, Reino Unido: Oxford University Press.
- Bonneuil, C. (2015): “The Geological Turn”. En Hamilton C., Gemenne F. & Bonneuil C. (Ed.), *The Anthropocene and the Global Environmental Crisis: Rethinking Modernity in a new Epoch* (pp. 15-31), Londres: Routledge.
- Butterfield, H. (1997 [1949]): *The Origins of Modern Science, 1300-1800*, Londres: Free Press.
- Burian, R. M. (1977): “More than a marriage of convenience: On the inextricability of the history and philosophy of science”, *Philosophy of Science*, vol. 44, n° 1, pp. 1-44.
- Canguilhem, Georges (2005 [1968]): “What is the object of the history of sciences”. En Gutting, G. (Ed.), *Continental Philosophy of Science* (pp. 198-207), Londres y Nueva York: Routledge.
- Carson, R. (2022 [1962]): *Silent Spring*, Estados Unidos: Houghton Mifflin.
- Castree N. (2017): “Anthropocene: Social Science Misconstrued”, *Nature*, vol. 541, n° 289, p. 289.
- Chang, H. (2021): “Presentist History for Pluralist Science”, *Journal for General Philosophy of Science*, vol. 52, pp. 97-114.
- \_\_\_\_\_. (2011): “Beyond case-studies: History as philosophy”. En S. Mauskopf y T. Schmaltz (Eds.), *Integrating History and Philosophy of Science: Problems and Prospects* (pp. 109-124), Dordrecht: Springer.
- Cearreta, A. (2015): “La definición geológica del Antropoceno según el Anthropocene Working Group (AWG)”. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, vol. 23, n° 3, pp. 263-271.
- Chakrabarty D. (2009): “The Climate of History: Four Theses”, *Critical Inquiry*, vol. 35, n° 2, pp. 197-222.
- Chimisso, C. (2015): “Narrative and epistemology: Georges Canguilhem’s concept of scientific ideology”, *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, vol. 54, pp. 64-73.
- \_\_\_\_\_. (2014): “Commentary on Anastasios Brenner’s ‘Epistemology historicised’”. En M. C. Galavotti, D. Dieks, W. J. Gonzalez, S. Hartmann, T. Uebel y M. Weber (Eds.), *New Directions in the Philosophy of Science* [pp. 737-746]. Dordrecht: Springer.
- Churchman, C. W. (1948): “Statistics, Pragmatics, Induction”, *Philosophy of Science*, vol. 15(i, n° 3, pp. 249-268.
- Cohen, I.B. (1979): “La Historia y el filósofo de la ciencia”. En P. Suppe (Ed.), *La estructura de las teorías científicas* [pp. 349-392], Madrid: Editora Nacional.
- Cohen, K. M., Finney, S. C., Gibbard, P. L. & Fan, J. X. (2020): “The ICS International Chronostratigraphic Chart”, *Episodes*, vol. 36, n° 3, pp. 199-204.
- Costanza, R., van der Leeuw, S., Hibbard, K., Aulenbach, S., Brewer, S., Burek, M., Cornell, S., Crumley, C., Dearing, J., Folke, C., Graumlich, L., Hegmon, M., Heckbert, S., Jackson S. T., Kubiszewski, I., Scarborough, V., Sinclair, P., Sörlin, S., Steffen, W. (2012): “Developing an Integrated History and future of People on Earth (IHOPE)”, *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 4, n° 1, pp. 106-114.
- Cowie, J. W., Ziegler, W., Boucot, A. J., Bassett M. G., Remane, J. (1986): “Guidelines and Statutes of the International Commission on Stratigraphy (ICS)”, *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, vol. 83, pp. 1-14.
- Craig, G.Y. (1984): “James Hutton and his theory of the Earth, 1787-1987”, *Endeavour*, vol. 11, n° 2, pp. 88-93.

- Creath, R. (2020): “Logical Empiricism”, *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2021 Edition), Edward N. Zalta (Ed.). Recuperado el 12 de abril de 2022 de: <https://plato.stanford.edu/archives/sum2020/entries/logical-empiricism/>
- Crutzen, P. J. (2002): “Geology of mankind”, *Nature*, vol. 415, n° 23, p. 23.
- Crutzen, P. J., Stoermer, E. F. (2000): “The ‘Anthropocene’”, *IGBP Newsletter*, vol. 41, pp. 17-18.
- Crutzen, P. J., Arnold, F. (1986): “Nitric acid cloud formation in the cold Antarctic stratosphere: a major cause for the springtime ‘ozone hole.’”, *Nature*, vol. 324, pp. 651-655.
- Crutzen, P. J., Steffen, W. (2003): “How long have we been in the Anthropocene era?”, *Climatic Change*, vol. 61, n° 3, pp. 251-257.
- Daston, L. (2017): “The History of Science and the History of Knowledge”, *KNOW: A Journal on the Formation of Knowledge*, vol. 1, n° 1, pp. 131-154.
- \_\_\_\_\_. (2008): “On scientific observation”, *Isis*, vol. 99, n° 1, pp. 97-110.
- \_\_\_\_\_. (2001). “History of Science”, *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*, pp. 6842-6848.
- \_\_\_\_\_. (2000): *Biographies of Scientific Objects*, Chicago y Londres: The University of Chicago Press.
- \_\_\_\_\_. (1995): “The Moral Economy of Science”, *Osiris*, vol. 10, pp. 2-24.
- \_\_\_\_\_. (1989): “Historical Epistemology”. En J. Chandler, A. I. Davidson y H. Harootunian (Eds.), *Questions of evidence: Proof, practice, and persuasion across the disciplines* [pp. 282-289], Chicago: University of Chicago Press.
- Daston, L., Galison, P. (2007): *Objectivity*, Nueva York: Zone Books.
- Daston, L., Lunbeck, E. (Eds.) (2011): *Histories of scientific observation*, Chicago: Chicago University Press.
- Davidson, A. (2002): *The Emergence of Sexuality: The emergence of sexuality: Historical Epistemology and the formation of concepts*, Cambridge, Massachusetts y Londres, Reino Unido: Harvard University Press
- De Solla Price, D. J. (2020 [1963]): *Little Science, Big Science*. Estados Unidos: Columbia University Press.
- Doel, R. E. (2003): “Constituting the postwar earth sciences: the military’s influence on the environmental sciences in the USA after 1945”, *Social Studies of Science*, vol. 33, n° 5, pp. 635-666.
- Domski, M., Dickson, M. (Ed.) (2010): *Discourse on a New Method: Reinvigorating the Marriage of History and Philosophy of Science*, Colorado, USA: Open Court Publishing.
- Douglas, H. (2016): “Values in Science”. En P. Humphreys (Ed.), *The Oxford Handbook of Philosophy of Science* [pp. 609-630], Nueva York: Oxford Handbooks.
- \_\_\_\_\_. (2013): “The Value of Cognitive Values”. *Philosophy of Science*, vol. 80, n° 5, pp. 796-806.
- \_\_\_\_\_. (2009): *Science, Policy, and the Value-Free Ideal*, Pittsburgh, PA: University of Pittsburgh Press.
- \_\_\_\_\_. (2000): “Inductive Risk and Values in Science”, *Philosophy of Science*, vol. 67, n° 4, pp. 559-579.
- Echeverría, J. (2021): “El perspectivismo de Giere desde una perspectiva axiológica”. *ArtefCToS. Revista de estudios de la ciencia y la tecnología*, vol. 10, n° 1, 2ª época, pp. 47-59.
- \_\_\_\_\_. (2018): “Axiología naturalizada en historia y filosofía de las prácticas científicas”, *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, vol. 18, n° 37, pp. 201-238.
- \_\_\_\_\_. (2016): “Dimensiones axiológicas de la Ontología. Replantear la Estimativa de Ortega y Gasset”. En R. Aramayo, C. Roldán, J. Francisco Álvarez y F. Maseda (Eds.), *Diálogos*

- con Javier Muguerza. *Paisaje para una exposición virtual* [pp. 503-534], Madrid: Ed. CSIC.
- \_\_\_\_\_. (2011): “El ocaso de las disciplinas”, *Ludus vitalis*, vol. 19, nº 36, pp. 271-274.
- \_\_\_\_\_. (2007): *Ciencia del bien y del mal*, Barcelona: Herder Editorial.
- \_\_\_\_\_. (2003): *La revolución tecnocientífica*, Madrid: Fondo de Cultura Económica.
- \_\_\_\_\_. (2002): *Ciencia y valores*, Barcelona: Destino.
- \_\_\_\_\_. (1998): *Filosofía de la Ciencia*, Madrid: Ediciones Akal.
- \_\_\_\_\_. (1989): *Introducción a la Metodología de la Ciencia. La Filosofía de la Ciencia en el siglo XX*. Barcelona: Barcanova.
- Echeverría, J., Álvarez, J. F. (2008): “Bounded rationality in social sciences”, *Poznan Studies in the Philosophy of Sciences and the Humanities*, vol. 96, nº 1, pp. 173-189.
- Edgeworth, M., Richter, D.D., Waters, C., Haff, P., Neal, C., Price, S.J. (2015): “Diachronous beginnings of the Anthropocene: The lower bounding surface of anthropogenic deposits”, *The Anthropocene Review*, vol. 2, nº 1, pp. 1-26.
- El Correo de la Unesco (1957): *Año Geofísico Internacional. Septiembre de 1957 (Año X)*, Paris: UNESCO.
- Ellis E., Maslin M., Boivin N. L., Bauer A. (2016): “Involve Social Scientists in Defining the Anthropocene”, *Nature*, nº 540, pp. 192-193.
- Elliot, Kevin (2017): *A Tapestry of Values: An Introduction to Values in Science*, Estados Unidos: Oxford University Press.
- Fagan, Melinda B. (2009): “Fleck and the social constitution of scientific objectivity”, *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, vol. 40, nº 4, pp. 272-285.
- Feest, U., Sturm, T. (2011): “What (good) is Historical Epistemology? Editor’s Introduction”, *Erkenntnis*, vol. 75, nº 3, pp. 285-302.
- Feyerabend, P. (1987): *Farewell to Reason*, Londres: Verso.
- \_\_\_\_\_. (2010 [1975]): *Against Method: Outline of an Anarchistic Theory of Knowledge*, Londres: Verso.
- Finney, S. C., Edwards, L. E. (2016): “The ‘Anthropocene’ epoch: Scientific decision or political statement?”, *GSA Today*, vol. 26, nº 3, pp. 4-10.
- Fleck, L. (1986 [1935]): *La génesis y desarrollo de un hecho científico. Introducción a la teoría del estilo de pensamiento y del colectivo de pensamiento*, Madrid: Alianza Editorial.
- \_\_\_\_\_. (1986 [1927]): “Some Specific Features of the Medical Way of Thinking”. En R. S. Cohen y T. Schnelle (Eds.), *Cognition and Fact. Materials on Ludwik Fleck* [pp. 39-46], Dordrecht: Reidel Publishing.
- FNI (2021): *Davor Vidas*. Recuperado el 12 de abril de 2022 de: <https://www.fni.no/staff/research-staff/davor-vidas>
- Forstner, C. (2008): “The Early History of David Bohm’s Quantum Mechanics Through the Perspective of Ludwik Fleck’s Thought-Collectives”, *Minerva*, vol. 46, nº 2, pp. 215-229.
- Foucault, M. (1997): “What is Enlightenment?”. En Rabinow (Ed.), *Ethics: Subjectivity and Truth* [vol. I de Trabajos Esenciales de Foucault 1954-1984, pp. 303-320], Nueva York: The New Press, New York.
- Fronzizi, Risieri (2001 [1958]): *¿Qué son los valores? Introducción a la axiología*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Future Earth (2014): *Strategic Research Agenda*, París: International Council for Science.
- Garfield, E. (1985): “The life and career of George Sarton: The father of the history of science”, *Journal of the History of the Behavioral Sciences*, vol. 21, nº 2, pp. 107-117.



- Garforth, L. (2019): “Environmental Futures, Now and Then: Crisis, Systems Modeling, and Speculative Fiction”, *Osiris*, vol. 34, n° 1, pp. 238-257.
- Gayon, J. (2016): “L’institut d’histoire des sciences”, *Cahiers Gaston Bachelard*, Université de Bourgogne.
- Gibbard, P. L., Head, M. J., Walker, M. J. C. (2010): “Formal ratification of the Quaternary system/period and the Pleistocene series/Epoch with a base at 2.58 Ma”, *Journal of Quaternary Science*, vol. 25, pp. 96-102.
- Giere, R. N. (1973): “History and Philosophy of Science: Intimate relation or marriage of convenience?”, *British Journal for the Philosophy of Science*, vol. 24, n° 3, pp. 282-297.
- Gingras, I. (2010): “Naming without necessity: on the genealogy and uses of the label ‘historical epistemology’”, *Note de recherche 2010-01*, Montreal, Canada: CIRST.
- Golinski, J. (2005 [1998]): *Making Natural Knowledge. Constructivism and the History of Science*, EE. UU.: University of Chicago Press.
- Goossen, B. (2020): “A benchmark for the environment: Big science and ‘artificial’ geophysics in the global 1950s”, *Journal of Global History*, vol. 15, n° 1, pp. 149-168.
- Gradstein, F. M., Ogg, J. G., Smith, A. G., Bleeker, W., Lourens, L. J. (2004): “A new Geologic Time Scale, with special reference to Precambrian and Neogene”, *Episodes*, vol. 27, n° 2, pp. 83-100.
- Granados, J. L. (2021): “Futuros tecnocientíficos: desafíos en torno a la geoingeniería solar”, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, vol. 16, n° 46, pp. 11-40.
- Grevsmühl, S. (2017): “A visual history of the ozone hole: a journey to the heart of science, technology and the global environment”, *History and Technology*, vol. 33, n° 3, pp. 333-334.
- Grinevald, J. (1996): *Gaia in Action: Science of the Living Earth*, Reino Unido: Floris Books.
- Grinevald, J., McNeill, J., Oreskes, N., Steffen, W., Summerhayes, C. P., Zalasiewicz, J. (2019): “History of the Anthropocene Concept”. En J. Zalasiewicz, C. N. Waters, C. P. Summerhayes (Eds.), *The Anthropocene as a Geological Time Unit: A Guide to the Scientific Evidence and Current Debate* [pp. 4-11], Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.
- Haack, S. (1996): “Towards a Sober Sociology of Science”. En P. R. Gross, N. Levitt y M. W. Lewis (Eds.), *The Flight from Science and Reason* [pp. 259-265], Nueva York: The New York Academy of Sciences.
- Haff, P. K. (2014): “Technology as a geological phenomenon: implications for human well-being”. En C. N. Waters, J. Zalasiewicz, M. Williams, M. A. Ellis y A. Snelling (Eds.), *A Stratigraphical Basis for the Anthropocene* [Special Publication 395, pp. 301-309], Londres: Geological Society of London.
- Hacking, I. (2012): “‘Language, Truth and Reason’ 30 years later”, *Studies in History and Philosophy of Science*, vol. 43, n° 4, pp. 599-609.
- \_\_\_\_\_. (2004): *Historical Ontology*, EE. UU.: Harvard University Press.
- \_\_\_\_\_. (2002): “Historical Ontology”. En P. Gärdenfors, J. Woleński, K. Kijania-Placek (Eds.), *In the Scope of Logic, Methodology and Philosophy of Science* [vol. 316, pp. 583-600], Dordrecht: Springer.
- \_\_\_\_\_. (1999): “Historical Meta-Epistemology”. En W. Carl, L. Daston (Eds.), *Wahrheit und Geschichte* [pp. 53-77]. Gottingen: Vandenhoeck & Ruprecht
- \_\_\_\_\_. (1996 [1983]): *Representar e intervenir*, México: Paidós.
- \_\_\_\_\_. (1982): “Language, Truth and Reason”. En M. Hollis, S. Lukes (Eds.), *Rationality and Relativism* [pp. 48-66]. EE. UU.: MIT Press.

- Hamilton, C. (2016): “The Anthropocene as Rupture”, *The Anthropocene Review*, vol. 3, n° 2, pp. 93-106.
- Hamilton, C., Grinevald, J. (2015): “Was the Anthropocene anticipated?”, *The Anthropocene Review*, vol. 2, n° 1, pp. 59-72.
- Hanson, N. R. (1962): “The Irrelevance of History of Science to Philosophy of Science”, *The Journal of Philosophy*, vol. 59, n° 21, pp. 574-586.
- Haq, G., Paul, A. (2012): *Environmentalism since 1945*, Reino Unido: Routledge.
- Haraway, D. (2015): “Anthropocene, Capitalocene, Plantationocene, Chthulucene: Making kin”, *Environmental Humanities*, vol. 6, n° 1, pp. 159-165.
- Häusler, H. (2015): “Did anthropogeology anticipate the idea of the Anthropocene?”, *The Anthropocene Review*, vol. 5, n° 1, pp. 69-86.
- Hedberg, H. D. (1958): “Stratigraphic Classification and Terminology”, *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, vol. 42, n° 8, pp. 1881-1896.
- Herring, E., Jones K. M., Kiprijanov, K. S., Sellers, L. M. (Ed.) (2019): *The Past, Present, and Future of Integrated History and Philosophy of Science*, Londres: Routledge.
- Heymann, M., Dahan Dalmedico, A. (2019): “Epistemology and Politics in Earth System Modeling: Historical Perspectives”, *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, vol. 11, n° 5, pp. 1139-1152.
- Hine, R. (2019): “Biostratigraphy”, *Oxford Reference: Dictionary of Biology* [8va edición], Reino Unido: Oxford University Press.
- Horton, R. (2013): “Offline: Planetary health—a new vision for the post-2015 era”, *The Lancet*, vol. 382, p. 1012.
- IHOPE (2022): *Integrated History and Future of People on Earth*. Recuperado el 12 de abril de 2022 de: <https://ihopenet.org/>
- Hancock, T., Spady, D. W., Soskolne, C. (Eds.) (2015): *Global change and public health: Addressing the ecological determinants of health*, Ottawa: Canadian Public Health Association.
- Head M. J., Steffen, W., Fagerlind D., Waters C., Poirier C, Syvitski, J., Zalasiewicz J., Barnosky, A. D., Cearreta, A., Jeandel, C., Leinfelder, R., McNeill, J. R., Rose, N. L., Summerhayes, C., Wagemann, M., Zinke, J. (2021): “The Great Acceleration is real and provides a quantitative basis for the proposed Anthropocene Series/Epoch”, *Episodes: Journal of International Geoscience*, vol. 1, pp. 1-18
- IUGS (2022): *What is IUGS?* Recuperado el 12 de abril de 2022 de: <https://www.iugs.org/history>
- Höhler, S. (2015): *Spaceship Earth in the Environmental Age, 1960-1990*, Londres: Pickering & Chatto.
- Hull, D. L. (1992): “Testing Philosophical Claims About Science”, *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, vol. 2, pp. 468-475.
- ICSU-IGFA (2009): *Review of the International Geosphere–Biosphere Programme (IGBP)*, Paris: International Council for Science.
- IGBP (1988): *The International Geosphere–Biosphere Programme: A study of global change. A Plan for Action* [Stockholm, Sweden]. Recuperado de: [www.icsu.org](http://www.icsu.org)
- \_\_\_\_\_. (1987): *The International Geosphere–Biosphere Programme: A study of global change. Report No. 2* [Paris 16–19 July, 1987. Stockholm, Sweden]. Recuperado de: [www.icsu.org](http://www.icsu.org)
- \_\_\_\_\_. (1986): *The International Geosphere–Biosphere Programme: A study of global change. Report No. 1* [Final report of the Ad hoc Planning Group, ICSU 21st General Assembly, Berne, Switzerland, 14–19 September 1986]. Recuperado de: [www.icsu.org](http://www.icsu.org)

- Iliffe, R. (2008): *History of Science in the 20<sup>th</sup> Century, Making History: The changing face of the profession in Britain*. Recuperado el 12 de abril de 2022 de: [www.archives.history.ac.uk](http://www.archives.history.ac.uk)
- INACH (2022): *Sistema del Tratado Antártico*. Recuperado el 12 de abril de 2022 de: [https://www.inach.cl/inach/?page\\_id=21](https://www.inach.cl/inach/?page_id=21)
- Inkpen, S. Andrew, D., Tyler, C. (2019): “Revamping the Image of Science for the Anthropocene”, *Philosophy, Theory, and Practice in Biology*, vol. 11, n° 3, pp. 1-7.
- International Science Council (2022): *Historia: ICSU y cambio climático*. Recogido el 12 de abril de 2022 de: [www.council.science/](http://www.council.science/)
- Irabien, M. J., García-Artola, A., Cearreta, A., Leorri E. (2015): “Chemostratigraphic and lithostratigraphic signatures of the Anthropocene in estuarine areas from the eastern Cantabrian coast (N. Spain)”, *Quaternary International*, vol. 364, n° 7, pp. 196-205.
- Jasanoff, S. (2012): “Genealogies of STS”, *Social Studies of Science*, vol. 42, n° 3, pp. 1-7.
- Jackson, S. T. (2009): “Alexander von Humboldt and the General Physics of the Earth”, *Science*, vol. 324, n° 5927, pp. 596-597.
- Jeffrey, R. (1956): “Valuation and Acceptance of Scientific Hypothesis”, *Philosophy of Science*, vol. 23, n° 3, pp. 237-246.
- Katzir, S. (2017): “In War or in Peace: The technological Promise of Science Following the First World War”, *Centaurus*, vol. 59, n° 3, pp. 223-237.
- Killingsworth, J., Palmer, J. (2012 [1991]): *Ecospeak: Rhetoric and Environmental Politics in America*, EE. UU.: Southern Illinois University Press.
- Kirchner, J. (1989): “The Gaia hypothesis: can it be tested?”, *Reviews of Geophysics*, vol. 27, n° 2, pp. 223-235.
- Kroll, G. (2001): “The ‘Silent Springs’ of Rachel Carson: Mass media and the origins of modern environmentalism”, *Public Understanding of Science*, vol. 10, n° 4, pp. 403-420.
- Kuhn, Thomas (2012 [1962]): *The Structure of Scientific Revolutions* [50<sup>th</sup> Anniversary], EE. UU.: The University of Chicago.
- \_\_\_\_\_. (2000): *The Road Since Structure: Philosophical Essays, 1970–1993, with an Autobiographical Interview*, J. Conant, J. Haugeland (Eds.). Chicago, IL: University of Chicago Press.
- \_\_\_\_\_. (1982 [1977]): *La Tensión Esencial. Estudios selectos sobre la tradición y el cambio en el ámbito de la ciencia*, México: Fondo de Cultura Económica.
- \_\_\_\_\_. (1981): “Foreword”. En T. J. Trenn, R. K. Merton (Eds.), *Genesis and Development of a Scientific Fact*, EE. UU.: The University of Chicago Press.
- \_\_\_\_\_. (1971): “Notes on Lakatos”. En R. Buck, R.S. Cohen (Eds.), *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association 1970: In Memory of Rudolph Carnap* [pp. 137-146], Dordrecht: Reidel.
- Kusch, M. (2010): “Hacking’s historical epistemology: a critique of styles of reasoning”, *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, vol. 41, n° 2, pp. 158-173.
- \_\_\_\_\_. (2009): “Objectivity and Historiography Review by: By Martin Kusch”, *Isis*, vol. 100, n° 1, pp. 127-131.
- Krüger, L. (2005 [1978]): “Does a Science need Knowledge of its History?”, En T. Sturm, W. Carl, L. Daston (Eds.), *Why Does History Matter to Philosophy and the Sciences? Selected Essays by Lorenz Kruger* [Cap. V.1], Berlin: Walter de Gruyter.
- Kyriacou, C. (2020): “Meta-epistemology”, *Internet Encyclopedia of Philosophy*. Recuperado de: <https://iep.utm.edu/meta-epi/>
- Lakatos, I. (1978): *The Methodology of Scientific Research Programmes. Philosophical Papers. Vol I.*, Nueva York: Cambridge University Press.

- \_\_\_\_\_. (1971): "History of Science and its Rational Reconstructions", *Boston Studies in the Philosophy of Science*, vol. 8, pp. 91-136.
- Landrigan, P. J., Fuller, R., Acosta, N. J. R., et al. (2017): "The Lancet Commission on pollution and health", *The Lancet Commissions*, vol. 391, pp. 407-408.
- Latour, B. (2017): *Facing Gaia. A New Enquiry Into Natural Religion*. Cambridge: Polity Press.
- \_\_\_\_\_. (2007): "Knowledge as a mode of existence". En E. Hackett, O. Amsterdamska, M. Lynch, J. Wacjman (Eds.), *The Handbook of Science and Technology Studies-Third Edition* [pp. 83-112], Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- \_\_\_\_\_. (2005): *Reassembling the Social: An Introduction to Actor-Network-Theory*, Nueva York: Oxford University Press.
- Laudan, L. (1978): *Progress and its Problems*. Berkeley: University of California Press.
- \_\_\_\_\_. (1981): *Science and Hypothesis*. Dordrecht: Reidel.
- \_\_\_\_\_. (1984): *Science and Values*, Berkeley: University of California Press.
- Laudan, L., Laudan, R. (2016): "The Re-Emergence of Hyphenated History-and-Philosophy-of-Science and the Testing of Theories of Scientific Change", *Studies in History and Philosophy of Science*, vol. 59, pp. 74-77.
- Lecourt, D. (1969): *L'Épistémologie historique de Gaston Bachelard*. Paris: Vrin.
- Leemans, R., Asrar, G., Busalacchi, A., Canadell, J., Ingram, J., Larigauderie, A., Mooney, H., Nobre, C., Patwardhan, A., Rice, M., Schmidt, F., Seitzinger, S., Virji, H., Vörösmarty, C., Young, O. (2009): "Developing a common strategy for integrative global environmental change research and outreach: the Earth System Science Partnership (ESSP)", *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 1, n° 1, pp. 4-13.
- Levi, I. (1960): "Must the Scientist Make Value Judgements?", *Journal of Philosophy*, vol. 57, n° 11, pp. 345-357.
- Lewis, S., Maslin, M. (2018): *The Human Planet: How We Created the Anthropocene*. Londres: Penguin.
- Litfin, K. (1994): *Ozone Discourse: Science and Politics in Global Environmental Cooperation*, Nueva York: Columbia University Press.
- Liverman, D., Rockström, J., Visbek, M., Leemans, R., Abrahamse, T., Becker, B., et al. (2013): *Future Earth Initial Design. Report of the Transition Team*, Paris: International Council for Science (ICSU).
- Livingston, H. D., Povinec, P. P. (2000): "Anthropogenic marine radioactivity", *Ocean & Coastal Management*, vol. 43, n° 8-9, pp. 689-712.
- Loison, L. (2016): "Forms of presentism in the history of science. Rethinking the project of historical epistemology", *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, vol. 60, pp. 29-37.
- Longino, H. E. (1990): *Science as Social Knowledge. Values and Objectivity in Scientific Inquiry*, EE. UU.: Princeton University Press.
- Lovelock, J. (1979): *Gaia: A New Look at Life on Earth*, EE. UU.: Oxford University Press.
- Löwy, I. (Ed.) (2004): "Ludwik Fleck: Epistemology and Biomedical Sciences", *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, vol. 35, n° 3.
- Lucchesi, S. (2017): "Geosciences at the service of society: the path traced by Antonio Stoppani", *Annals of Geophysics*, vol. 60, n° 7, pp. 1-7.
- Lundershausen, J. (2018): "The Anthropocene Working Group and its (inter-)disciplinarity", *Sustainability: Science, Practice and Policy*, vol. 14, n° 1, pp. 31-45.
- Lyell, C. (1830): *Principles of Geology*, Londres: John Murray.
- Malhi, Y. (2017): "The Concept of the Anthropocene", *Annual Review of Environment and Resources*, vol. 42, pp. 77-104.

- Malone T. F. (1985): "Preface". En T. F. Malone, J. G. Roederer (Eds), *Global Change: The Proceedings of a Symposium Sponsored by the International Council of Scientific Unions (ICSU) During its 20th General Assembly in Ottawa, Canada on September 25, 1984* [pp. xx-xxi], Cambridge: ICSU Press.
- McMullin, E. (Ed.) (1988): *Construction and Constraint: The Shaping of Scientific Rationality*, EE. UU.: University of Notre Dame Press.
- \_\_\_\_\_. (1976): "History and Philosophy of Science- a marriage of convenience?". En R. S. Cohen et al. (Eds.), *Boston studies in the philosophy of science* [pp. 585-601], vol. 1974, Dordrecht: Reidel.
- McNeill, J. R., Egelke, P. (2016): *The Great Acceleration: An Environmental History of the Anthropocene since 1945*, Cambridge, EE. UU.: Harvard University Press.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., Behrens III, W. W. (1972): *The Limits to Growth. A Report for The Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*, Nueva York: Universe Books.
- Meadows, D. L., Behrens III, W. W., Meadows, D. H., Naill, R. F., Randers J., Zahn, E. K. O. (1974): *Dynamics of Growth in a Finite World*, EE. UU.: MIT Press.
- Menéndez Viso, A. (2002): "Valores: ¿Ser o tener?", *Argumentos de Razón Técnica*, n° 5, pp. 223-238.
- Méthot, P. O. (2013): "On the genealogy of concepts and experimental practices: Rethinking Georges Canguilhem's historical epistemology", *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, vol. 44, n° 1, pp. 112-123.
- Merton, R. K. (1973): *The Sociology of Science*, Chicago: University of Chicago Press.
- Miller, D. M. (2011): "The History and Philosophy of Science History". En S. Mauskopf, T. M. Schamaltz (Eds.), *Integrating History and Philosophy of Science, Problems and Prospects* [pp. 29-48], Londres y Nueva York: Springer.
- Möbner, N. (2016): "Scientific Images as Circulating Ideas: An Application of Ludwik Fleck's Theory of Thought Styles", *Journal for General Philosophy of Science*, vol. 47, n° 2, pp. 307-329.
- Moore (2017): "The Capitalocene, Part I: on the nature and origins of our ecological crisis", *The Journal of Peasant Studies*, vol. 44, n° 3, pp. 594-630.
- Molina, E., Alegret, L., Arenillas, I., Arz, J. A., Gallala, N., Hardenbol, J., von Salis, K., Steuerbaut, E., Vandenberghe, N. y Zagbib-Turki., D. (2006): "The Global Boundary Stratotype Section and Point for the base of the Danian Stage (Paleocene, Paleogene, "Tertiary", Cenozoic) at El Kef, Tunisia-original definition and revision", *Episodes: Journal of International Geoscience*, vol. 29, pp. 263-273.
- Mulkay, M. (1980): "El crecimiento cultural en la ciencia". En B. Barnes (Coord.), *Estudios sobre la sociología de la ciencia* [pp. 125-140], Madrid: Alianza Editorial.
- Nature Documentaries (2016): "Welcome to the Anthropocene. A Film About the State of the Planet". Recuperado el 13 de abril de 2022 de: [www.youtube.com/watch?v=pTk1lidmTUA](http://www.youtube.com/watch?v=pTk1lidmTUA)
- Navarro, J. (Ed.) (2018): *Ether and Modernity. The Recalcitrance of an Epistemic Object in the Early Twentieth Century*, Oxford, Reino Unido: Oxford University Press.
- NASA Advisory Council (1986): *Earth System Science Overview: A Program for Global Change*, Washington D. C., EE. UU.: The National Academies Press.
- Nickles, T. (2021): "Historicist Theories of Scientific Rationality". En Edward N. Zalta (Ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Spring 2021 Edition). Recuperado el 13 de abril de: <https://plato.stanford.edu/archives/spr2021/entries/rationality-historicist/>

- Norgaard, R. B. (2013): "The Econocene and the Delta", *San Francisco Estuary and Watershed Science*, vol. 11, n° 3, pp. 1-5.
- Olivé, L. (2000): *El bien, el mal y la razón*, México: Paidós.
- Opdyke, N. D., Channell, J. E. T. (1996): *Magnetic Stratigraphy: Volume 64*, San Diego: Academic Press.
- Oreskes, N. (1999): *The Rejection of Continental Drift: Theory and Method in American Earth Science*, Oxford: Oxford University Press.
- Oreskes, N., Doel, R. E (2008): "The Physics and Chemistry of the Earth". En M. Nye (Ed.), *The Cambridge History of Science* [Vol. 5, pp. 538-557], Cambridge: Cambridge University Press.
- Oreskes, N., Krige, J. (Eds.) (2014): *Science and Technology in the Global Cold War*, EE. UU.: MIT Press.
- Ortega y Gasset, J. (2010 [1947]): *Introducción a una estimativa. ¿Qué son los valores?*, Madrid: Ediciones Encuentro.
- Pearce, F. (2007): *With Speed and Violence: Why Scientists Fear Tipping Points in Climate Change*, Boston, Massachusetts: Beacon Press.
- Pellegrini, P. A. (2019): "Styles of Thought on the Continental Drift Debate", *Journal for General Philosophy of Science*, vol. 50, pp. 85-102.
- Pestre, D. (2005): *Ciencia, dinero y política*, Buenos Aires: Nueva Visión.
- Pitt, J. C. (2001): "The Dilemma of Case Studies: Toward a Heraclitian Philosophy of Science", *Perspectives on Science*, vol. 9, n° 4, pp. 373-382.
- Polanyi, M. (2009 [1966]): *The Tacit Dimension*, Chicago: University of Chicago Press.
- Poole, R. (2008): *Earthrise: How Man First Saw the Earth*, EE. UU.: Yale University Press.
- Popper, K. (2002 [1935]): *The Logic of Scientific Discovery*, Nueva York, EE. UU.: Routledge.
- Proctor, R. N. (1991): *Value-Free Science? Purity and Power in Modern Knowledge*, Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Putnam, H. (2008 [1981]): *Reason, Truth and History*, Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.
- \_\_\_\_\_. (2004): *El desplome de la dicotomía hecho-valor y otros ensayos*, Madrid: Ediciones Paidós.
- Ramkumar, M. (2015): "Toward Standardization of Terminologies and Recognition of Chemostratigraphy as a Formal Stratigraphic Method". En M. Ramkumar (Ed.), *Chemostratigraphy: Concepts, Techniques, and Applications* [Cap. 1, pp. 1-21], Países Bajos: Elsevier.
- Raupach, M. R. (2012): "Earth System Science at a Crossroads", *IGBP Global Change*, vol. 79, pp. 22-25.
- Reichenbach, H. (2021 [1938]): *Experience and prediction*, EE. UU.: Hassell Street Press.
- Reiss, J., Sprenger, J. (2020): "Scientific Objectivity". En Edward N. Zalta (Ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2020 Edition). Recuperado de: <https://plato.stanford.edu/archives/win2020/entries/scientific-objectivity/>
- Remane, J., Bassett, M. G., Cowie, J. W., Gohrbandt, K., Lane, H. R., Michelsen, O., Naiwen, W. (1996): "Revised guidelines for the establishment of global chronostratigraphic standards by the International Commission on Stratigraphy (ICS)", *Episodes: Journal of International Geoscience*, vol. 19, n° 3, pp. 77-81.
- Renn, J. (2020): *Rethinking Science for the Anthropocene: Rethinking Science for the Anthropocene*, Princeton: Princeton University Press.
- Rescher, N. (2014): *Value Matters. Studies in Axiology*, Frankfurt: Ontos Verlag.
- \_\_\_\_\_. (2011 [1999]): *Razones y valores en la era científico-tecnológica*, Barcelona: Paidós.



- Ress, A. (Ed.) (2017): "Animal agents? Historiography, theory and the history of science in the Anthropocene", *British Society for the History of Science*, vol. 2.
- Rheinberger, H. (2011): "A Plea for Historical Epistemology of Research", *Journal of General Philosophy of Science*, vol. 43, n° 1, pp. 105-111.
- \_\_\_\_\_. (2010): *On historicizing epistemology*, Stanford: Stanford University Press.
- \_\_\_\_\_. (2000): "Cyttoplasmic Particles. The trajectory of a Scientific Object". En L. Daston (Ed.), *Biographies of Scientific Objects*, Chicago y Londres: The University of Chicago Press.
- \_\_\_\_\_. (1997): *Toward a history of epistemic things: Synthesizing proteins in the test tube*, Stanford: Stanford University Press.
- Robin, L., Steffen, W. (2007): "History for the Anthropocene", *History Compass*, vol. 5, n° 5, pp. 1694-1789.
- Rodnikov, A. G., Sergeyeva, N. A., Zabarinskaya, L. P. (2009): "Research on the Earth's Interior Conducted by Russia after IGY: The Geotraverse Project and 'INTERMARGINS'", *Data Science Journal*, vol 8, pp. s24–s34.
- Rooney, P. (1992): "On Values in Science: Is the Epistemic/Non-Epistemic Distinction Useful?". En K. Okruhlik, D. Hull, M. Forbes (Eds.), *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association* [vol. 1, pp. 13-22], Chicago: Philosophy of Science Association.
- Ruddiman, W. F. (2013): "The Anthropocene", *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, vol. 41, n° 1, pp. 45-68.
- \_\_\_\_\_. (2003): "The anthropogenic greenhouse era began thousands of years ago", *Climatic Change*, vol. 61, pp. 261-293.
- Rudner, R. (1953): "The Scientist Qua Scientist Makes Value Judgments", *Philosophy of Science*, vol. 20, n° 1, pp. 1-6.
- Rull, V. (2021): "The Anthrpozoic era revisited", *Lethaia: An International Journal of Palaeontology and Stratigraphy*, vol. 54, n° 3, pp. 289-299.
- Ruse, M. (2013): *The Gaia Hypothesis: Science on a Pagan Planet*, Chicago: University of Chicago Press.
- Sady, Wojciech (2019): "Ludwik Fleck", En Edward N. Zalta (Ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2019 Edition). Recuperado de: <https://plato.stanford.edu/archives/win2019/entries/fleck/>
- Salvador A. (1994): *International Stratigraphic Guide: A Guide to Stratigraphic Classification, Terminology, and Procedure*, Boulder, CO: Geological Society of America.
- Sánchez Ron, J. M. (1992): *El poder de la ciencia. Historia socioeconómica de la física (siglo XX)*, Sevilla: Alianza Editorial.
- Santana, C. (2019): "Waiting for the Anthropocene", *The British Journal for the Philosophy of Science*, vol. 70, n° 4, pp. 1073-1096.
- Schoijet, M. (1999): "Limits to Growth and the Rise of Catastrophism", *American Society for Environmental History and Forest History Society*, vol. 4, n° 4, pp. 515-530.
- Scholl, R. (2018): "Scenes from a Marriage: On the Confrontation Model of History and Philosophy of Science", *Journal of the Philosophy of History*, vol. 12, n° 2, pp. 212-238.
- Schäfer, L., Schnelle, T. (1986): "Los fundamentos de la visión sociológica de Ludwik Fleck de la teoría de la ciencia". En L. Fleck (1986 [1935]), *La génesis y desarrollo de un hecho científico* [pp. 9-42], Madrid: Alianza Editorial.
- Schemmel, M. (2020): "Global history of science as a knowledge resource for the Anthropocene", *Global Sustainability*, vol. 3, n° e22, pp. 1-8.

- Schickore, J. (2018): “Larry Laudan’s Typology for Historical Methodology and the Historical and Experimental Turns in Philosophy of Science”. *HOPOS: The Journal of the International Society for the History of Philosophy of Science*, vol. 8, n° 1, pp. 87–107.
- Sciortino, L. (2017): “On Ian Hacking’s Notion of Style of Reasoning”, *Erkenntnis*, vol. 82, n° 2, pp. 243-264.
- Seitzinger, S., Gaffney, O., Brasseur, G., Broadgate, W., Ciais, P., Claussen, M., Erisman, J. W., Kiefer, T., Lancelot, C., Monks, P., Smyth, K., Syvitski, J., Uematsu, M. (2015): “International Geosphere-Biosphere Programme and Earth System Science: Three decades of co- evolution”, *Anthropocene*, vol. 12, pp. 3-16.
- Shapin, S. (1995): *A Social History of Truth. Civility and Science in Seventeenth-Century England*, Chicago: The University of Chicago Press.
- Shapin, S., Schaffer, S. (1989 [1985]): *Leviathan and the Air Pump*, Princeton: Princeton University.
- Scheler, M. (2009 [1973]): *Formalism in Ethics and Non-Formal Ethics of Values: A New Attempt toward the Foundation of an Ethical Personalism*, EE. UU.: Northwestern University Press.
- Selcer, P. (2022): “Anthropocene”, *Encyclopedia of the History of Science*. Recuperado el 13 de abril de 2022 de: [lps.library.cmu.edu/ETHOS/article/id/483/](https://library.cmu.edu/ETHOS/article/id/483/)
- Spier, F. (2019): “On the social impact of the Apollo 8 Earthrise photo, or the lack of it?”, *Journal of Big History*, vol. III, n° 3, pp. 117-150.
- Simons, M. (2019): “Obligation to judge or judging obligations: The integration of philosophy and science in Francophone Philosophy of Science”. En E. Herring, K. M. Jones, K. S. Kiprijanov, L. M. Sellers (Eds.), *The Past, The Present, The Future of Integrated History and Philosophy of Science* [pp. 112-129], Londres: Routledge.
- Stadler, F. (Ed.) (2017): *Integrated History and Philosophy of Science. Problems, Perspectives and Case Studies*, Cham, Suiza: Springer.
- Steffen, W. (1999): “Global change science in the next century. A personal perspective”, *IGBP Global Change Newsletter*, vol. 40, pp. 4-5.
- Steffen, W., Andreae M. O., Bolin B., Crutzen, P. J., Cox, P. M., Cubasch, U., Held H., Nakicenovic, N., Talaue-McManus, L., Turner III, B. L. (2004): “Earth System Dynamics in the Anthropocene”. En H. J. Schellnhuber, P. J. Crutzen, W. C. Clark, M. Clausen, H. Held (Eds.), *Earth System Analysis for Sustainability* [pp. 313-340], Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Steffen W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., Ludwig, C. (2015a): “The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration”, *The Anthropocene Review*, vol. 2, n° 1, pp. 81-98.
- Steffen W., Crutzen P. J., McNeill J. R. (2007): “The Anthropocene: Are humans now overwhelming the great forces of Nature?”, *Ambio*, vol. 36, n° 8, pp. 614-621.
- Steffen W., Grinevald J., Crutzen P., McNeill J. R. (2011): “The Anthropocene: conceptual and historical perspectives”, *The Philosophical Transactions of the Royal Society A. Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 369, n° 1938, pp. 842-867.
- Steffen, W., Jäger, J., Carson, D. J., Bradshaw, C. (Ed.) (2002): *Challenges of Changing Earth. Proceedings of the Global Change Open Science Conference, Amsterdam, The Netherlands, 10-13 July 2001*, Berlín: Springer.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Schellnhuber, H. J., Dube, O. P., Dutreuil, S., Lenton, T. M., Lubchenco, J. (2020): “The emergence and evolution of Earth System Science”, *Nature Reviews Earth & Environment*, vol. 1, n° 554, pp. 54-63.

- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., De Vries, W., De Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B., Sörlin, S. (2015b): “Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet”, *Science*, vol. 347, n° 6223, p. 736-747.
- Stoppani, A. (1873): *Corso di Geologia. Volume III*, Milán: G. Bernardoni e E. G. Briogola Editori.
- \_\_\_\_\_. (1893): *Nuovo saggio di una esegesi della storia della Creazione secondo la Ragione e la Fede*, Torino: UTET.
- \_\_\_\_\_. (1887): *Sulla Cosmogonia mosaica. Triplice saggio di una esegesi della storia della Creazione secondo la ragione e la fede. Preliminari di un exameron—Il concetto biblico delle acque nella storia della meteorologia—Gli imperativi della Genesi*, Milan: Cogliati.
- \_\_\_\_\_. (1884): *Il dogma e le scienze positive ossia la missione apologetica del clero nel moderno conflitto tra la ragione e la fede*, Milan: Fratelli Dumolard.
- Syvitski J. (2012): “Anthropocene: An Epoch of our making”, *IGBP Global Change*, vol. 78, pp. 12-15.
- The Club of Rome (2021): “History”. Recuperado el 13 de abril de 2022 de: [www.clubofrome.org/history/](http://www.clubofrome.org/history/)
- Trischler, H. (2017): “El Antropoceno, ¿un concepto geológico o cultural, o ambos?”, *Desacatos*, vol. 54, pp. 40-57.
- Turchetti, S., Roberts, P. (2014): *The Surveillance Imperative: Geosciences During the Cold War and Beyond*, Nueva York: Palgrave MacMillan.
- Uhrqvist, O. (2014): *Seeing and knowing the Earth as a system: an effective history of global environmental change research as scientific and political practice* [Tesis doctoral, Universidad de Linköping], Linköping University Electronic Press.
- Uhrqvist, O., Linnér, B-O. (2015): “Narratives of the past for Future Earth: The historiography of global environmental change research”, *The Anthropocene Review*, vol. 2, n° 2, pp. 159-173.
- UNSCEAR (2000): *Sources and Effects of Ionizing Radiation, 2000 Report*, Nueva York: United Nations.
- Vagelli, M. (2019): “Historical epistemology and the ‘marriage’ between History and Philosophy of Science”. En E. Herring, K. M. Jones, K. S. Kiprijnov, L. M. Sellers (Ed.s), *The Past, the Present, and the Future of Integrated History and Philosophy of Science* [pp. 96-112], Londres: Routledge.
- \_\_\_\_\_. (2014): “Ian Hacking, the philosopher of the present: an interview by Matteo Vagelli”, *Iride*, vol. 27, pp. 239-272.
- Vernadsky, V. I. (1924): *La Géochimie*, París: Librairie Félix Acan.
- Vidas, D., Zalasiewicz, J., Steffen, W., Hancock, T., Barnosky, A., Summerhayes, C. P., Waters, C. N. (2019): “The Utility of Formalisation of the Anthropocene for Science”. En J. Zalasiewicz, C. N. Waters, M. Williams, C. P. Summerhayes, *The Anthropocene as a Geological Time Unit: A Guide to Scientific Evidence and Current Debate* [pp. 31-40], Cambridge: Cambridge University Press.
- Walker, M., Johnsen, S., Rasmussen, S. O., Popp, T., Steffensen, J-P., Gibbard, P., Hoek, W., Lowe, J., Andrews, J., Björck, S., Cwynar, L. C., Hughen, K., Kershaw, P., Kromer, B., Litt, T., Lowe, D. J., Nakagawa, T., Newnham, R., Schwander, J. (2009): “Formal definition and dating of the GSSP (Global Stratotype Section and Point) for the base of the Holocene using the Greenland NGRIP ice core, and selected auxiliary records”, *Journal of Quaternary Science*, vol. 24, n° 1, pp. 3-17.

- Warde, P., Robin, L., Sörlin, S. (2018): *The Environment. A History of the Idea*, EE. UU.: Johns Hopkins University Press.
- Waters, C. N., Syvitski, J. P. M., Gałuszka, A., Hancock, G. J., Zalasiewicz, J., Cearreta, A., Grinevald, J., Jeandel, C., McNeill, J. R., Summerhayes, C. y Barnosky, A. (2015): “Can nuclear weapons fallout mark the beginning of the Anthropocene Epoch?”, *Bulletin of Atomic Scientists*, vol. 71, n° 3, pp. 46-57.
- Waters C. N., Zalasiewicz, J. A., Williams M., Ellis, M. A., Snelling, A. M. (Eds.) (2014): “A Stratigraphical Basis for the Anthropocene?”. En *Geological Society, London, Special Publications*, vol. 395, n° 1.
- Weber, M. (2011 [1949]): “The Meaning of ‘Ethical Neutrality’ in Sociology and Economics”. En M. Weber, *Methodology of Social Sciences* [pp. 451-502], Nueva York: Routledge.
- Weinberg, A. M. (1970): “The Axiology of Science: The urgent question of scientific priorities has helped to promote a growing concern with value in science”, *American Scientist*, vol. 58, n° 6, pp. 612-617.
- Weller, J. M. (1960): *Stratigraphic principles and practice*, Nueva York: Harper and Brothers.
- Whitehead, A. (2008 [1925]): *Science and the Modern World*, Nueva York: Macmillan.
- Whitmee, S., Haines, A., Beyrer, C., Boltz, F., Capon, A. G., Ferreira de Souza Dias, B., Ezeh, A., Frumkin, H., Gong, P., Head, P., Horton, R., Mace, G. M., Marten, R., Myers, S. S., Nishtar, S., Osofsky, S. A., Pattanayak, S. K., Pongsiri, M. J., Romanelli, C., Soucat, A., Vega, J., Yach, D. (2015): “Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: Report of The Rockefeller Foundation - Lancet Commission on planetary health”, *The Lancet*, vol. 386, n° 10007, pp. 1973-2028.
- Williams, M., Zalasiewicz, J., Waters, C. N., Landing, E. (2014): “Is the fossil record of complex animal behavior a stratigraphical analogue for the Anthropocene?”, *Geological Society, London, Special Publications*, vol. 395, n° 1, pp. 143-148.
- Wolff E. W. (2014): “Ice Sheets and the Anthropocene”, *Geological Society, London, Special Publications*, vol. 395, pp. 255-263.
- WGSHS (2021): *Working Group on the Subdivision of the Holocene Series*. Recuperado el 13 de abril de 2020 de: [quaternary.stratigraphy.org/working-groups/holocene-series/](http://quaternary.stratigraphy.org/working-groups/holocene-series/)
- Zalasiewicz, J. (2008): *The Earth After Us: What legacy will humans leave in the rocks?*, Nueva York: Oxford University Press.
- Zalasiewicz, J., Waters, C. N., Williams, M., Summerhayes, C. P. (Eds.) (2019): *The Anthropocene as a Geological Time Unit. A Guide to the Scientific Evidence and Current Debate*, Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.
- Zalasiewicz, J., Williams, M., Steffen, W., Crutzen, P. (2010): “The New World of the Anthropocene”, *Environmental Science & Technology*, vol. 44, n° 7, pp. 2228-2231.
- Zalasiewicz, J., Williams, M., Smith, A., Barry, T. L., Coe, A. L., Bown, P. R., Brenchley, P., Cantrill, D., Gale, A., Gibbard, P., Gregory, F. J., Hounslow, M. W., Kerr, A. C., Pearson, P., Knox, R., Powell, J., Waters, C., Marshall, J., Oates, M., Rawson, P., Stone, P. (2008): “Are we now living in the Anthropocene?”, *GSA Today*, vol. 18, n° 2, pp. 4-8.
- Zalasiewicz, J., Waters, C. N., Wolfe, A. P., Barnosky, A. D., Cearreta, A., Edgeworth, M., Ellis, E. C., Fairchild, I. J., Gradstein, F. M., Grinevald, J., Haff, P., Head, M., Ivar do Sul, J. A., Jeandel, C., Leinfelder, R., McNeill, J. R., Oreskes, N., Poirier, C., Revkin, A., Richter, D. B., Steffen, W., Summerhayes, C., Syvitski, J., Vidas, D., Wagreich, M., Wing, S., Williams, M. (2017): “Making the case for a formal Anthropocene Epoch: an analysis of ongoing critiques”, *Newsletters on Stratigraphy*, vol. 50, n° 2, pp. 205-226.
- Zammito, J. H. (2004): *A nice derangement of epistemes: Post-positivism in the study of science from Quine to Latour*, Chicago: University of Chicago.



