

ANTROPOCENO

«Antropoceno: dicho de la época geológica más reciente del periodo cuaternario, que se inicia a mitad del siglo XX, caracterizada por la modificación generalizada, global y sincrónica, de los sistemas naturales por la acción humana».

La Tierra tiene una edad de, aproximadamente, 4.5 mil millones de años. Los geólogos trocean esta historia en bloques temporales conocidos como eras, épocas, periodos o edades. Eras y épocas se definen por cambios mayores. La época en que vivimos se denomina Holoceno; comenzó cuando la última Edad de Hielo comenzaba a remitir, alrededor de 12.000 años. Los humanos modernos iniciaron su aventura desde las planicies africanas hace unos 200.000 años, en el Pleistoceno, pero la civilización se desarrolló durante el Holoceno. A lo largo de toda su historia, la especie humana ha provocado efectos locales significativos en el medio ambiente.

El gran salto puede datarse a lo largo del siglo XVIII: la invención de la sembradora (1701) por Jethro Tull impulsó la revolución agrícola; Abraham Darby I sustituyó, en 1709, el carbón vegetal por el mineral desarrollando las plantas de coque siderúrgico (altos hornos); en 1740 se patentó el primer telar mecánico, y en 1774 estaba lista la máquina de vapor. En 1873 el geólogo italiano Antonio Stoppani habló de «una nueva fuerza telúrica [...] que puede compararse a las mayores fuerzas de la Tierra»; se refería a la era Antropozoica, afectada por la actividad humana. Vladimir Verdaski, Pierre Theilard de Chardin y Édouard L.M.J. Le Roy acuñaron, en 1924, el término «noosfera» para denotar el papel cada vez mayor de las capacidades de la especie humana para condicionar su futuro y el del medio ambiente en general. El término «Antropoceno» hizo su aparición en el año 2000; la Tierra abandonó el Holoceno y entró en una época antrópica.

La humanidad lleva incidiendo terca, constante e irrespetuosa en el Planeta que le tocó vivir. Ha logrado influir en la atmósfera, biosfera, geosfera, hidrosfera y criosfera, y está a punto de lograr la hechura de una nueva época geológica. Sin embargo, existen evidencias de un impacto humano temprano sobre la superficie terrestre, sobre todo en relación con la deforestación para agricultura y pastizales durante el Holoceno neolítico (Antropoceno temprano).

Para Crutzen —uno de los proponentes del término— el Antropoceno se relaciona claramente con la Revolución industrial, alimentada por una utilización creciente de combustibles fósiles y el vertiginoso desarrollo de la industria petrolera a partir de 1850. «Por primera vez en la historia —comentaba Robert E. Lucas—, el nivel de vida de las masas y la gente común experimentó un crecimiento sostenido (...) No hay nada remotamente parecido a este comportamiento de la economía en ningún momento del pasado». Sin embargo, la Revolución industrial fue un fenómeno diacrónico y el registro, regional y escalonado en el tiempo, está afectado por discontinuidades a pequeña escala.

A efectos de achacar esta nueva época como una unidad formal, potencial, dentro de la escala temporal geológica, deben considerarse un espectro de indicadores de cambios ambientales antropogénicos, a la vez de consignar señales estratigráficas que puedan utilizarse para caracterizar la unidad cronoestratigráfica antropocénica tanto litoestratigráficas, como bioestratigráficas o quimioestratigráficas. A partir de mediados de los años 1940 el impacto humano se ha convertido en un fenómeno global y acelerado en todo el Planeta. La población humana se ha triplicado, y el consumo y la tecnología se han convertido en los factores determinantes de la influencia de la

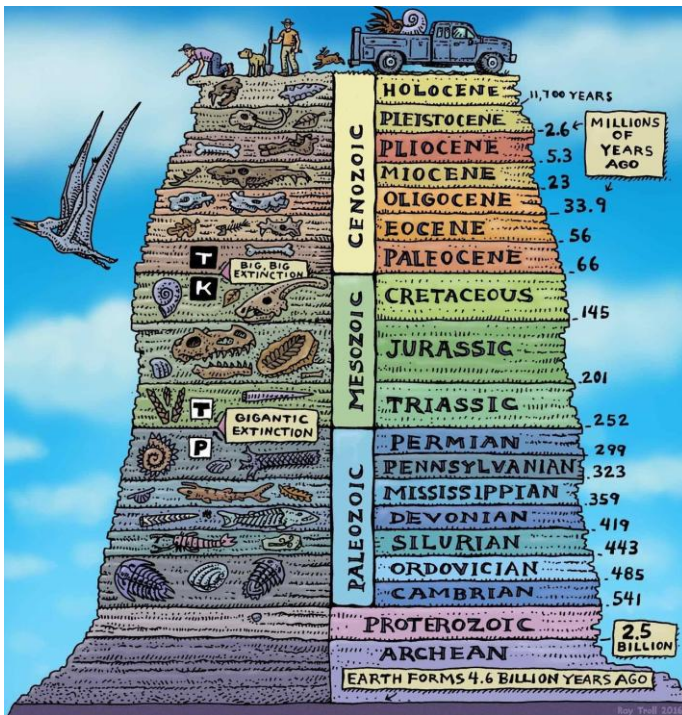
especie sobre el medio ambiente. Estos procesos aparecen ya reflejados en el registro geológico en forma diferentes.

La noción de que hemos entrado en una nueva época fue sugerida en un artículo aparecido en el *IGBP Global Change Newsletter* firmado por el ya citado Paul J. Crutzen —Premio Nobel de Química 1995, cogalardonado con Mario J. Molina y F. Sherwood Rowland, «por sus trabajos en química atmosférica, en particular sobre la formación y descomposición del ozono»— y Eugene Stoermer, donde arguyeron que la Tierra había cruzado recientemente el umbral hacia una nueva época: «*The Anthropocene could be said to have started in the late Eighteenth century when analysis of air trapped in polar ice showed the beginning of growing global concentration of carbón dioxide and methane*». Antropoceno es un concepto muy efectivo para expresar que la humanidad incide en el funcionamiento de Gaia: en los últimos 150 años la humanidad ha esquilado el 40 % de las reservas de hidrocarburos que consumieron varios cientos de millones de años para elaborarse; casi el 50 % de la superficie del Planeta ha sido transformada por la acción humana, y las reservas hídricas han mermado a la mitad; aunque el hecho distintivo es la globalidad y sincronidad de los impactos. Para Crutzen, Antropoceno es «como un argumento condensado arropado en una palabra. La geología había relegado a la humanidad de sus intereses, pero en la historia reciente la huella humana sobre la Tierra es demasiado profunda para ser ignorada. Hemos creado nuestro propio tiempo geológico.

El Grupo de trabajo sobre el Antropoceno —38 científicos de diferentes países. Alejandro Cearreta, de la Universidad del País Vasco, es el único representante español— fue establecido en 2009 con el propósito de verificar que nuestras vidas ya no tienen lugar en el Holoceno sino en un periodo nuevo de reciente aparición; una nueva y potencial unidad geológica.

«La historia ambiental más reciente —señala Cearreta— ha mostrado a partir de la Segunda Guerra Mundial una fase de incremento acelerado de la población humana y un enorme crecimiento económico global, que han provocado un cambio ambiental de escala e intensidad sin precedentes». Steffen *et al.* han denominado a esta fase la Gran Aceleración. Desde 1945 * los cambios demográficos (en diciembre de 2016 se superaron los 7400 millones de habitantes, de los que el 54 % residen en áreas urbanas) y aquellos cualitativos en la actividad humana sobre el planeta aparecen reflejados en distintos marcadores estratigráficos descritos por Waters *et al.*: difusión global de radionucleidos artificiales —en especial ^{137}Cs — a partir de las explosiones atómicas atmosféricas («*Trinity test*», el 16 de julio de 1945); la duplicación del almacén de nitrógeno reactivo como resultado de la producción masiva de fertilizantes mediante el proceso Haber-Bosch; la dispersión global en el medio de nuevos materiales de fabricación humana (plásticos, desechos de aluminio); la dispersión global de contaminantes por la expansión de las actividades industriales en especial metales pesados; las extinciones e invasiones de especies terrestres y marinas que modifican la composición de las comunidades bióticas; la aceleración en la combustión de hidrocarburos; el transporte de materiales por actividades humanas que ha triplicado globalmente el arrastre sedimentario de los ríos a los océanos, o diferentes artefactos (bolígrafos, CD, teléfonos móviles, marcapasos,...) que pueden ser considerados como tecnofósiles. Algunas de estas señales —indica P.K. Haff— como los radionucleidos o los *smartphones* tienen efectos sincrónicos globales, ya que los últimos 75 años se han caracterizado por la globalización y el asentamiento de una intensa tecnosfera globalmente interconectada.

Por otra parte, Eric Wolff ha sugerido que los mayores cambios inducidos por la perturbación humana están aún por venir y que, por tanto, es necesaria una perspectiva a más largo plazo para poder valorar adecuadamente el Antropoceno.



Tomada de: Adam Frank, «Climate change and the astrobiology of the anthropocene», *npr – 13.7 cosmos & culture*, Oct. 1, 2016; <http://www.npr.org/sections/13.7/2016/10/01/495437158/climate-change-and-the-astrobiology-of-the-anthropocene>.

«The Geologic History of Earth. Note the timescales. We are currently in the Holocene, which has been warm and moist and a great time to grow human civilization. But the activity of civilization is now pushing the planet into a new epoch which scientists call the Anthropocene». Ray Troll/Troll Art.

*Notas

Tras el descubrimiento de la vida media del ^{14}C —5730 años— en el laboratorio de Samuel Ruben (Charles Rubenstein, 1913-1943) y Martin D. Kamen (1913-2002) en 1940 (Ruben, S. & Kamen, M.D., «Long-lived radioactive carbon: C^{14} », *Physical Review* 1941; **59** (4): 349–354), Willard F. Libby (1908-1980) propuso que el ^{14}C debería estar presente en la naturaleza y que podría utilizarse como un medio cuantitativo para datar productos incluso hechos acaecidos en la historia de la civilización (Premio Nobel en Química 1960 «por su método de datación mediante ^{14}C en arqueología, geología, geofísica, y otras ramas de la ciencia». «Radiocarbon dating», *Nobel Lecture*, December 12, 1960; *Science* 1961; 133 (3453): 621-629. http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1960/libby-lecture.pdf).

Lloyd A. Currie escribe: «The problem was tackled by the international radiocarbon community in the late 1950s, in cooperation with the U.S. National Bureau of Standards. A large quantity of contemporary oxalic acid di-hydrate was prepared as NBS Standard Reference Material (SRM) 4990B. Its ^{14}C concentration was ca. 5% above what was believed to be the natural level, so the standard for radiocarbon dating was defined as 0.95 times the ^{14}C concentration of this material, adjusted to a ^{13}C reference value of –19 per mil (PDB). This value is defined as "modern carbon" referenced to AD 1950. Radiocarbon measurements are compared to this modern carbon value, and expressed as "fraction of modern" (f_M); and "radiocarbon ages" are calculated from f_M using the exponential decay relation and the "Libby half-life" 5568 a. The ages are expressed in years before present (BP) where "present" is defined as AD 1950» («The remarkable metrological history of radiocarbon dating [II]», *Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology* 2004; 109: 185-217; <http://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/jres/109/2/j92cur.pdf>).

La elección de 1950 se debió, aparte de ser una «fecha redonda», a la coincidencia de las primeras publicaciones sobre datación mediante radiocarbono (Arnold J.R. & Libby W.F., «Age determinations by radiocarbon content: Checks with samples of known age», *Science* 1949; 109 (2827): 227–228), y, aunque *Trinity Test* se llevó a cabo en 1945, no fue hasta años después cuando tuvieron lugar pruebas atmosféricas nucleares a gran escala que alteraron la relación global entre ^{14}C y ^{12}C . Sin embargo, fue 1945 la fecha elegida para el inicio de la datación del Antropoceno.

Referencias

Atomic Heritage Foundation, *Trinity Test – 1945*; <http://atomicheritage.org/history/trinity-test-1945>.

Alejandro Cearreta, «El Anthropocene Working Group y la definición geológica del Antropoceno», *XIV Reunión Nacional del Cuaternario*, Granada 2015; <http://geoserver.ugr.es/aequa15/wp-content/uploads/2015/06/S09-01.pdf>.

Paul J. Crutzen, «Geology of mankind», *Nature* 2002; 415: 23.

Paul J. Crutzen & Eugene F. Stoermer, «The “Anthropocene”», *IGBP Newsletter* 2000; 41: 17-8; <http://www.igbp.net/download/18.316f18321323470177580001401/1376383088452/NL41.pdf>.

The Economist, «The Anthropocene: A man-man world», *The Economist* May 28th 2011; <http://www.economist.com/node/18741749>.

The Economist, «The geology of the planet: Welcome to Anthropocene», *The Economist* May 28th 2011; <http://www.economist.com/printedition/2011-05-28>.

Haber-Bosch (proceso de): reacción de nitrógeno e hidrógeno gaseosos para producir amoníaco. Fritz Haber, Premio Nobel Química 1918 «por la síntesis de amoníaco a partir de sus elementos». Carl Bosch, Premio Nobel de Química 1931 —cogalardonado: Friedrich Bergius— «en reconocimiento a sus contribuciones al invento y desarrollo de métodos químicos de alta presión». John Paull, «A Century of synthetic fertilizer: 1909-2009», *ELEMENTALS – Journal of Biodynamics Tasmania* 2009; 94: 16-20.

P. K. Haff, «Technology as a geological phenomenon: implications for human well-being», Waters C.N. *et al.*, eds., *A Stratigraphical Basis for the Anthropocene*. Geological Society of London 2014, Special Publication 395, pág. 301-309; <http://sp.lyellcollection.org/content/early/2013/10/24/SP395.4.abstract>.

IGBP-Global Change, «Anthropocene», *International Geosphere-Biosphere Programme* Nov 17, 2015; <http://www.igbp.net/globalchange/anthropocene.4.1b8ae20512db692f2a680009238.html>.

Intriguing History, «Three Abraham Darby’s, it’s all in the genes»; <http://www.intriguing-history.com/three-abraham-darbys/>.

Simon L. Lewis & Mark A. Maslin, «Defining the Anthropocene», *Nature* 2015; 519 (7542): 171-80.

Robert E. Lucas (Premio Nobel Economía 1995, «por haber desarrollado y aplicado la hipótesis de expectativas racionales y, con ello, haber transformado el análisis macroeconómico y su relación con la política económica»), *Lectures on Economic Growth*, Cambridge: Harvard University Press, 2002; pp. 109-10.

Laura B. Sayre, «The pre-history of soil science: Jethro Tull, the invention of the seed drill, and the foundation of modern agriculture», *Physics and Chemistry of the Earth* 2010; 35: 851-59; [file:///C:/Users/Pedro/Downloads/The_pre-history_of_soil_science_Jethro_T%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Pedro/Downloads/The_pre-history_of_soil_science_Jethro_T%20(2).pdf).

Leandro Sequeiros, Manuel Medina Casado, María José Medina de la Fuente & Françoise Euvé, «Las cartas inéditas de Teilhard de Chardin a Édouard Le Roy: Más luces sobre el conflicto entre Ciencia, Filosofía y Teología», *Pensamiento* 2009; 65 (246): 1077-98; <file:///C:/Users/Pedro/Downloads/4814-10883-1-SM.pdf>.

Will Steffen, Paul J. Crutzen & John R. McNeill, «The Anthropocene: are human now overwhelming the great forces of Nature?», *Ambio* 2007; 36 (8): 614-21; https://www.pik-potsdam.de/news/public-events/archiv/alter-net/former-ss/2007/05-09.2007/steffen/literature/ambi-36-08-06_614_621.pdf.

Will Steffen, Wendry Broadgate, Lisa Deutsch, Owen Gaffney & Cornelia Ludwig, «The trajectory of the Anthropocene: the Great Acceleration», *The Anthropocene Review* 2015; 2 (1): 81-98; <https://favaretoufab.files.wordpress.com/2013/06/2015-steffen-et-al-the-great-acceleration-1.pdf>.

Tabla Cronoestratigráfica Internacional; www.stratigraphy.org.

Pierre Teilhard de Chardin, *Le Coeur de la Matière*, Paris: Éditions du Seuil, 1976. Traducción —*El corazón de la materia*— por Milagros Amado Mier y Denise Garnier para Editorial Sal Terrae, colec. El Pozo de Siquem 139, Santander 2002; p. 35. Después del primer viaje a China en 1927, Teilhard, por simetría con la Biosfera de Suess, habló por primera vez de la Noosfera, expresión que a partir de ese momento hizo fortuna.

J. Van Bavel, «The world population explosion: causes, backgrounds and projections for the future», *Facts, Views & Vision in ObGyn*. 2013; 5 (4): 281-91;
file:///C:/Users/Pedro/Downloads/FVVinObGyn-5-281-291.pdf.

Vladimir Vernadsky, «The transition from the biosphere to the noösphere» [translated by Williams Jones], Excerpts from *Scientific Thought as a Planetary Phenomenon*, 1938; *21 st Century* Spring-Summer 2012; 10-31;
http://www.21stcenturysciencetech.com/Articles_2012/Spring-Summer_2012/04_Biosphere_Noosphere.pdf.

Colin N. Waters, Jan A. Zalasiewicz, Mark Williams, Michael A. Ellis & Andrea M. Snelling, «A stratigraphical basis for Anthropocene?», Waters C.N. *et al.*, eds., *A Stratigraphical Basis for the Anthropocene*. Geological Society of London 2014, Special Publication 395, pág. 1-21;
<http://sp.lyellcollection.org/content/early/2014/03/21/SP395.18.full.pdf+html>.

Mark Williams, Jan Zalasiewicz, Colin N. Waters, Matt Edgeworth, Carys Bennett, Anthony D. Barnosky, Erle C. Ellis, Michael A. Ellis, Alejandro Cearreta, Peter K. Haff, Juliana A. Ivar do Sul, Reinhold Leinfelder, John R. McNeill, Eric Odada, Naomi Oreskes, Andrew Revkin, Daniel deB Richter, Will Steffen, Colin Summerhayes, James P. Syvitski, Dador Vidas, Michael Wagemich, Scott L. Wing, Alexander P. Wolfe & An Zhisheng, «Review. The Anthropocene: a conspicuous stratigraphical signal of anthropogenic changes in production and consumption across the biosphere», *Earth's Future. An open access AGU Journal* 2016; 4 (3): 34-53; <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2015EF000339/epdf>;

Eric W. Wolff, «Ice sheets and the Anthropocene», C.N. Waters, J.A. Zalasiewicz, M. Williams, M. Ellis & A.M. Snelling, eds., *A Stratigraphical Basis for the Anthropocene*. Geological Society of London 2014, Special Publication 395, pág. 255-263; <http://sp.lyellcollection.org/content/395/1/255.full>.

Working Group on the 'Anthropocene', Subcommission on Quaternary Stratigraphy;
<http://quaternary.stratigraphy.org/workinggroups/anthropocene/>.

the Anthropocene Equation

Last 4 billion years
 $\frac{dE}{dt} = f(A, G, I)$

Last 40 years (current)
 $\frac{dE}{dt} = f(H)$
 $A, G, I \rightarrow 0$

Where:
E is the Earth system
A is astronomical forces
G is geophysical forces
I is internal dynamics

Where:
H is industrialized societies

The Anthropocene Equation. Gaffney and Steffen 2017. Design: Globala

Tomada de:
Owen Gaffney, Will Steffen & Daniel Strain,
«The mathematics of Anthropocene»,
futureearth blog – research for global sustainability, Feb. 2017;
<http://futureearth.org/blog/2017-feb-10/mathematics-anthropocene>.

Pedro R. García Barreno
Ilp abogados blog, junio 2017; <http://www.ilpabogados.com/blog/>.