

Antropozenoa: Lurraren historiako pasarte berria?

*María Jesús Irabien**¹, *Ane García-Artola*^{2,3}, *Alejandro Cearreta*²,
*Eduardo Leorri*⁴

¹ Mineralogia eta Petrologia Saila, Zientzia eta Teknologia Fakultatea
(UPV/EHU)

² Estratigrafia eta Paleontologia Saila, Zientzia eta Teknologia Fakultatea
(UPV/EHU)

³ Geologia Saila, Aranzadi Zientzia Elkarte,
Donostia-San Sebastian

⁴ Department of Geological Sciences, East Carolina University,
Greenville (USA)

mariajesus.irabien@ehu.es

Jasoa: 2014-05-23

Onartua: 2014-10-08

Laburpena: «Antropozenoa» esaten zaio informalki giza jardueren Lurreko dinamikari eskala orokorrean eragin dioten denbora tarteari. Unitate geokronologiko formal modura onartua izateko, bere hasiera finkatzeaz gain markatzaile estratigrafiko egokiak zehaztu beharra dago. Lan honek Antropozenoa definitzeko lagungarriak izan daitezkeen hainbat iritzi zientifiko biltzen ditu.

Hitz gakoak: Antropozenoa, giza eragina, unitate geokronologikoa.

Abstract: «Anthropocene» is a geological informal term used to signal the time interval in which human activities have exerted a global impact on Earth dynamics. Its definition as a formal geochronological unit requires to determine the start date and to establish suitable stratigraphic markers. In this work, some scientific considerations which may help to define the Anthropocene are presented.

Keywords: Anthropocene, human influence, geochronological unit.

1. SARRERA

Lurraren historia luzea duela gutxi gorabehera 4.500 milioi urte hasi zen, eta bere barruan, Kuaternario izena ematen zaio azken 2,58 milioi urteko denbora geologikoaren tarteari [1]. Kuaternarioa intentsitate eta maiztasun handiko klima-oszilazio azkarrengandik bereizten da, aldaketa horiek eragina handia izan baitute gure planetako paisaiaren eta biziaren eboluzioan. Bi garaitan banatzen da:

- Pleistozenoa («Izotz Aroa»): aldi hotz luzeak (glaziazioak) eta tenperatura altuagoko garai motzak (glaziazioartekoak) tartekatuz ziren. Glaziazioetan izotzak latitude altu eta ertainetako lurrazala estali zituen. Glaziazioartekoetan, aldiz, izotzaren hedadura murrizten zen eta tenperaturak gaur egungoen antzekoak izan ziren. Garai honetan ehizari eta bilketari esker zirauten zenbait giza-espezie agertu ziren.
- Holozenoa: duela 11.700 urte hasi zen azken glaziazioartekoa da [2]. Tenperatura epelak planeta estaltzen zuen izotzaren zati zabal baten desagertzea eta ondorengo itsas-mailaren igoera ekarri zuen. Une hartan bizirik ziharduen giza espezie bakarrak, *Homo sapiens*ak, nekazaritza eta abeltzaintza garatu zituen eta bizitza nomada utzita, zibilizazioaren aurrerapenari bide eman zion.

Duela gutxi, Paul Crutzen Kimikako Nobel saridunak Antropozeno deituriko unitate geokronologiko berria onartzeko beharra azaldu zuen [3,4], giza jarduerak Lurreko ziklo biogeokimikoak, prozesu sedimentarioak eta ozeano-atmosfera transferentziak bezalako dinamikei eragin dieten denbora tarteak zehazteko. Gorantza doa ingurumen-hondatzea, klima-aldaketa eta berotze globalaren inguruko kezka, eta beraz, termino honek gaurkotasan handia du, zientziaren alorrean ez ezik, dibulgazio eta interes orokorreko komunikabideetan ere [5]. Bere interesa hainbestekoa da ezen Nazioarteko Estratigrafia Batzordeak bere sarrera eskala geokronologiko ofizialean balioztatzeke talde bat («Anthropocene Working Group») antolatu baitu. Talde eginkizun modura hartu du Antropozenoa unitate geokronologiko formal izateko oinarriak aztertzea. Unitate berri bezala onartuz gero Kuaternarioa hiru azpiunitatez osatuta legoke: Pleistozenoa, Holozenoa eta Antropozenoa. Onarpen formalak eskatzen du erregistro sedimentarioan gizakiaren eragina garrantzitsua izaten hasi zen unea zehaztea [6], eta beraz, talde honek markatzaile estratigrafiko bereizgarriak bilatu behar ditu.

2. NOIZ HASI ZEN ANTROPOZENOA?

Garbi dago giza jarduerak nabarmen eraldatzen ari direla planeta, baina zalantza gehiago daude zehazteko zein unetan hartu genuen gizakiok egin-

kizun protagonista Lurraren bilakaera geologikoan. Ikerlari batzuek Pleistozenoan kokatzen dute Antropozenoaren muga, baina bitartean, beste batzuek duela hamarkada gutxi batzuk hasi zela diote. Oro har, adierazgarria da hipotesi bakoitzaren egileek, lan zientifikoaren arlo desberdinetatik datozelarik (geologia, arkeologia...), trantsizioaren ebidentzia nagusiak beraien diziplinaren denbora-mugen barruan aurkitzea [7].

2.1. Pleistozenoa

Egile batzuek Pleistozenoaren amaieran gertaturiko ugaztun handi askoren suntsipena klima-aldaketarekin eta giza kolonizazioarekin uztartu dute, espezie batzuen ehiza intentsiboaz gain beste harrapari eta gaixotasun berrien agerpena ekarriko baitzuen agian kolonizazio horrek [8]. Dena dela, badirudi fenomeno hauek tokiko garrantzia baino ez zutela izan, gaur Afrikan megafaunak eta gizakiak elkarrekin bizitzen jarraitzen baitute.

Alaska-Siberia aldeko erregistro sedimentarioan ikusi da 13.800 urte BP inguruan (Before Present, edo Oraina Aurretik, Oraina 1950 urte Common Era-CE kontsideratuz), mamuten (belarjaleak) desagertzearekin batera urki-polena hedatu zela. Belarjaleen populazioaren murrizketak, neurri batean ehizak eragindakoa ziurrenik, belarra eta arbolen tamaina handitzea eragin zuen. Zuhaiak eta zuhaitz hostoerorkorren garapenak paisaiaren kolorea ilundu zuen eta, horren ondorioz, lurreko albedoa jaitsi zen eta tenperaturak igo ziren. Izan ere, kalkulatu da eragindako berotzea eskualde horretan, batez beste, 0,2°C-ko ingurukoa izan zela (9).

2.2. Holozenoa

Holozenoa hasten da azken glaziazioa amaitu zenean, beraz, gizakien kultur garapena posible egin zuen glaziazioarteko etapa dugu. Hau dela eta, Pleistozeno-Holozeno muga Antropozenoaren oinarri bezala zuzenean erabiltzea proposatu da [7]. 8000-5000 urte BP inguruan, ehiza eta bilketa alde batera uzteak eta nekazaritza eta abeltzaintzaren garapen goiztiarrak atmosferaren eta klimaren konposizioaren aldaketa ekarriko zuten, Eurasiako paisaiaren aldaketarekin batera [10]. Izotz-gordailuetan harrapatutako aire-burbuilien ikerketaren arabera, 8000 urte BP-tik 1880 urte CE-ra arte CO₂ kontzentrazioak astiro handitu ziren, milioko 260 partetik (ppm) 280 ppm-ra hain zuzen ere [11]. Aldaketa hau nekazaritza-jarduerak eragindako baso-soiltzearekin uztartu da [12]. Halaber, 5000 urte BP inguru Asian garatutako arrozaren laborantza ezeraginkorrak materia organikoaren hartxidura ekarri zuen artifizialki urpetutako landetan, eta ondorioz metano kontzentrazioak gora egin zuen [13]. Ikertzaile hauen arabera, Holozenoan egindako giza jarduerak glaziazio berri baten heldzea atzeratzen ari dira sortutako berotegi efektua dela eta. Beste batzuek [14,15] ordea, gizakien parte hartzea nahitaez oso murrizta izan zela diote, une horretan populazioa urria baitzen.

2.3. 2000 urte BP

Erromatar inperioaren garai arrakastatsua Txina, India eta Amerikako zibilizazio garrantzitsuen garapenarekin bat dator. Une horretan antrosolen hedapen zabala gertatu zen (hau da, goldatze, ongarritze, baliabideen usiatze edota terrazen eraikitze bezalako ekintzen ondorioz sortutako lurzoruen hedapena). Hauek, Antropozenoaren markatzaile estratigrafiko bezala proposatu dira [16]. Hipotesi honek kritika gogorak jaso ditu [17], bereziki erregistroa oso mugatua aurkitu delako. Izan ere, planetako azaleraren gehiengoan (itsasoetan, izoztutako zonaldeetan, aintziretan) ez da lurzorurik eratzten eta eratzten diren tokietan lurzoruak diakronikoak eta irauteko aukera urrikoak izaten dira. Bestalde, baso-soiltzea da jatorri antropikoa duen markatzaile nagusietako bat; fenomeno higatzailea da hau, eta beraz, lurzoruen garapen eskasa dakar.

2.4. Industria Iraultza (1750-1850 urte CE)

Crutzen eta Stoermerren jatorrizko definizioak Antropozenoaren hasiera Industria Iraultzarekin lotzen du [3,4]. Lurrun-makinaren asmatzeak eta erregai fosilen kontsumoaren pixkanakako gehitzeak nekazaritza eta abeltzaintza jarduerak nagusi zituen mundu batetik industria jaun eta jabe duen mundu jendetsu batera iristea ekarri zuten. Geroztik, azkar handitu da gizakiek kliman, lurzoruen erabileran eta biodibertsitatean duten eragina, baina hasieran ondorioak isolaturiko alde geografikoetan eta garai desberdinetan nabaritzen ziren eta horregatik proposatu da fenomeno hauek Lur mailako garrantzia lortu arte igarotako denbora tarteari «Paleoantropozeno» izendatzea [18]. Antropozenoan berriz, eskala orokorrean identifikatu ahal izateaz gain, fenomenoak une berean gertatu ziren eta beren marka betirako utzi zuten erregistro sedimentarioan. Adibidez, atmosferaren konposizioaren aldaketa globala aipa daiteke, 1880 eta 2010 urte CE artean 280 ppm-tik 390 ppm-ra igo baita poloetako izotzetan harrapaturiko aire-burbuilien CO₂ kontzentrazioa [11]. Gizakiek, eragile geomorfologiko modura, paisaia eraldatu dute, bai oharkabe (lehengaiak ustiatuta eta baso-soiltze edota suteak eraginda), bai nahita (ur-korronteak desbideratuta, eraikinak eginda) [19]. Beraz, *Homo* generoa agertu zenetik Lur-sistemaren garapenean berezko atala izan bada, Paleoantropozenoak Industria Iraultza arte igarotako Holozenoaren eta Pleistozenoaren zati bat hartuko lituzke bere barne.

Bestalde, badago proposamen bat Antropozenoa bi alditan banatzeko [20]. Lehenengoa Antropozeno Goiztiarra dugu (Industria Aroa), 1800-1945 urte CE tartean. Bigarrenak, «Great Acceleration» delakoak (1950 urte CE geroztik), populazioa-igoera bizkortzea eta petrolioaren kontsumoaren igoera ditu ezaugarri nagusi. Denbora-tarte honetan lurreko biztanleen kopurua 2500 milioi izatetik 7000 milioi baino gehiago izatera

iritsi da, aktibitate ekonomikoa eta petrolioaren kontsumoa 15 eta 3,5 aldiz biderkatu da, hurrenez hurren [21].

2.5. «Great Acceleration» (1950 urte CE geroztik)

XX mende erdialdean, bigarren mundu-gerra gertatu ostean, gizakien presioaren areagotzeak ekarri du zenbait prozesu naturalen dinamikak Holozenoan garatzen zirenetatik argi bereiztea [22]. Adibidez, eskualde artiko eta alpinoetako zenbait lakutan materia organikoaren nitrogeno egonkorren konposizio isotopikoa aldatu zen ongarritze bezalako giza jardueren ondorioz [23]. Honek nitrogenoaren ziklo orokorrean izan zuen eragin globala islatzen du, leku hauek gune industrializatu eta jendetsuetatik urrun baitaude. Erregistro fosilean ere beste eragile berri bat agertu da: teknofosilak [24]. Hauek giza espezieek asmatutako eta landutako objektuak dira, gai naturalez eginak (buztina, harriak,...) edota artifizialez eginak (beira, zeramika, plastiko...), eta kultur faktoreei esker bilakatu zirenak. Geografikoki modu irregularrean sakabanaturik egon arren, gaur ia nonahi aurkitzen dira eta meta-kin sedimentarioak datatzeko erabil daitezke. Azkenik, 1950-1963 urte CE tartean arma nuklearrak probatzeko atmosferan egin ziren saiakuntzetan sortutako erradionukleido berrien agerpen zabala dugu, Lur mailan, bai lurzoruetan bai sedimentuetan. Alamogordon (New Mexico, EEBB) lehenengo eztanda atomikoa gertatu zenetik, 1945 urte CE-ko uztailaren 16an, industria, gizarte eta gizarte-produktuak oso arin hedatu dira «Great Acceleration» horren barruan. Data honetatik aurrera giza seinalea trinkoagoa, orokorragoa eta sinkronikoagoa egin denez, gure planetaren historian inoizko nabarmenena, data hau Antropozenoaren hasieraren markatzailea izateko proposamenak «Anthropocene Working Group» erakundearen babesa jaso du [25].

3. ANTROPOZENOREN ETORKIZUNA

Antropozenoari buruzko eztabaida zientifikoa pil-pilean dago eta mota guztietako iritzia plazaratzen ari dira, bere definizio formalerako zailtasunak azpimarratzen dituztenak barne. Alde batetik, batzuen iritziz goizegi da Antropozenoa unitate kronoestratigrafiko modura finkatzeko, giza eragina islatu behar duten geruzak gaur bertan eratzen ari direlako [26]. Bestalde, kultur garapen maila historian zehar diakronikoa izan denez, badirudi zaila dela Antropozenoaren hasiera definitzeko balio orokorreko denbora-muga bat zehaztea [17]. Hala ere, jada definitutako unitate geokronologikoen mugak hau bezain diakronikoak dira, baina iraupen luzeagoa dutenez, horrek ez du garrantzi handirik mugak datatzerakoan egiten diren erroreen aldean [6]. Antropozenoaren kasuan, aztertu beharreko denbora tarteak laburrak izateak dataziorako doitasun handiko gaiak (espeleotemak, koralak, izotza, lurzorua) erabiltzera behartzen gaitu.

Edonola ere, Antropozenoaren etorkizuna argitzeko hitzordu garrantzitsua dugu 2016 urte CE-ko udan, Hego Afrikan egingo den 35. Nazioarteko Kongresu Geologikoan, non «Anthropocene Working Group» taldeak bere lanaren lehenengo emaitzak aurkeztuko dituen.

4. ESKER ONAK

Egileok eskertzen diegu Euskal Herriko Unibertsitateari (UPV/EHU) emandako laguntzagatik (UFI 11/09) eta begirale teknikoei eta hizkuntza-aholkulariari egindako lanagatik. Lan hau Geo-Q Ikerketa Unitatearen (Joaquín Gómez de Llarena laborategia) 28. ekarpena da.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] GIBBARD P.L., HEAD M.J. eta 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*, **25**, 96-102.
- [2] 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. eta 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*, **24**, 3-17.
- [3] CRUTZEN P.J. eta STOERMER E.F. 2000. «The “Anthropocene”». *Global Change Newsletter*, **41**, 17-18.
- [4] CRUTZEN P.J. 2002. «Geology of mankind». *Nature*, **415**, 23.
- [5] ZALASIEWICZ J. 2013. «The epoch of humans». *Nature Geoscience*, **6**, 8-9.
- [6] RULL V. 2013. «A futuristic perspective of the Anthropocene». *The Holocene*, **23**, 1198-1201.
- [7] SMITH B.D. eta ZEDER M.A. 2013. «The onset of the Anthropocene». *Anthropocene*, **4**, 8-13.
- [8] KOCH P.L. eta BARNOSKY A.D. 2006. «Late Quaternary extinctions: State of the debate». *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, **37**, 215-250.
- [9] DOUGHTY C.E. WOLF A. eta FIELD C.B. 2010. «Biophysical feedbacks between the Pleistocene megafauna extinction and climate: The first human-induced warming?». *Geophysical Research Letters*, **37**, L15703.
- [10] RUDDIMAN W.F. 2013. «The Anthropocene». *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, **41**, 45-68.

- [11] ZALASIEWICZ J., WILLIAMS M., FORTEY R., SMITH A., BARRY T. L., COE A.L., BOWN P. R., RAWSON P.F., 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. eta STONE P. 2011. «Stratigraphy of the Anthropocene». *Philosophical Transactions of the Royal Society*, **369**, 1036-1055.
- [12] RUDDIMAN W.F. 2003. «The atmospheric greenhouse era began thousands of years ago». *Climatic Change*, **61**, 261-296.
- [13] RUDDIMAN W.F. eta THOMSON J.S. 2001. «The case for human causes of increased atmospheric CH₄ over the last 5000 years». *Quaternary Science Reviews*, **20**, 1769-1777.
- [14] JOOS F., GERBER S., PRENTICE I.C., OTTO-BLIESNER B.L. eta VALDES P.J. 2004. «Transient simulations of Holocene atmospheric carbon-dioxide and terrestrial carbon since the Last Glacial Maximum». *Global Biogeochemical Cycles*, **18**, GB2002, doi: 10.1029/2003GB002156.
- [15] STOCKER B.D., STRASSMANN K. eta JOOS F. 2011. «Sensitivity of Holocene atmospheric CO₂ and the modern carbon budget to early human land use: analysis with process-based model». *Biogeosciences*, **8**, 69-88.
- [16] CERTINI G. eta SCALENGHE R. 2011. «Anthropogenic soils are the golden spikes for the Anthropocene». *The Holocene*, **21**, 1269-1274.
- [17] GALE S.J. eta HOARE P.G. 2012. «The stratigraphic status of the Anthropocene». *The Holocene*, **22**, 1491-1494.
- [18] FOLEY S.F., GRONENBORG D., ANDRAE M.O., KADEREIT J.K., SPER J., SCHOLZ D., PÖSCHL U., JACOB D.E., SCHÖNE B.R., SCHREG R., VÖTT A., JORDAN D., LELIEVELD J., WELLER C.G., ALT K.W., GAUDZINSKI-WINDHEUSER S., BRUHN K., TOST H., SIRICKO F. eta CRUTZEN P.J. 2014. «The Palaeoanthropocene-The beginnings of anthropogenic environmental change». *Anthropocene*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ancene.2013.11.002>.
- [19] PRICE S.J., FORD J.R., COOPER A.H. eta NEAL C. 2011. «Humans as major geological and geomorphological agents in the Anthropocene: the significance of artificial ground in Great Britain». *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, **369**, 1056-1084.
- [20] STEFFEN W., PERSSON A., DEUTSCH L., ZALASIEWICZ J., WILLIAMS M., RICHARDSON K., CRUMLEY C., CRUTZEN P., FOLKE C., GORDON L., MOLINA M., RAMANATHAN V., ROCKSTRÖM J., SCHEFFER M., SCHELLNUBER H.J. eta SVEDIN U. 2011. «The Anthropocene: from global change to planetary stewardship». *Ambio*, **40**, 739-761.
- [21] STEFFEN W., GRINEVALD J., CRUTZEN P. eta McNEILL J. 2011. «The Anthropocene: conceptual and historical perspectives». *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, **369**, 842-867.
- [22] STEFFEN W., CRUTZEN P.J. eta McNEILL J.R. 2007. «The Anthropocene: are humans now overwhelming the great forces of Nature?». *Ambio*, **36**, 614-621.

- [23] WOLFE A.P., HOBBS W.O., BIRKS H.H., BRINER J., HOLMGREN S.U., INGÓLFSSON O., KAUSHAL S.S., MILLER G.H., PAGANI M., SAROS J. eta VINEBROOKE R.D. 2013. «Stratigraphic expressions of the Holocene-Anthropocene transition revealed in sediments from remote lakes». *Earth Science Reviews*, **116**, 17-34.
- [24] ZALASIEWICZ J., WILLIAMS M., WATERS C., BARNOSKY A.D. eta HAFF P. 2014. «The technofossil record of humans». *The Anthropocene Review*, **1**, 34-43.
- [25] ZALASIEWICZ J., WATERS C.N., WILLIAMS M., BARNOSKY A.D., CEARRETA A., ELLIS E., FAIRCHILD I.J., GRINEVALD J., LEINFELDER R., MCNEILL J., POIRIER C., RICHTER D., STEFFEN W. eta VIDAS D. 2014 (onartua). «When did the Anthropocene begin? A mid-twentieth century boundary level is stratigraphically optimal». *Quaternary International*.
- [26] AUTIN W.J. eta HOLBROOK J.M. 2012. «Is the Anthropocene an issue of stratigraphy or pop culture?». *GSA Today*, **22**, 60-61.