ANTROPOCENO: A IDADE DOS HUMANOS NA QUE ESTES SOBREEXPLOTARON A BIOSFERA

**Pablo Ramil Rego
Luis Gómez-Orellana**

**IBADER. Laboratorio de Biodiversidade
Campus de Lugo (USC)**

1. COSMOLOXÍAS TEOLÓXICAS

A periodización da historia da Terra constitúe un ámbito de discusión ante o que a humanidade se enfrontou ao longo do seu propio devir histórico. Todas as grandes civilizacións formularon con maior ou menor detalle unha periodización da súa historia, recorrendo a seleccionar determinados eventos para marcar o inicio ou a fin dun determinado período. No antigo Exipto a cosmoloxía móstrase complexa, non existe unha única periodización, senón que en cada localidade hai diferentes versións, nas que se introducen distintos feitos derivados da entrada no guión dunha variable cantidade de divindades. Na antigüidade clásica, hebreos e cristiáns compartiron unha mesma periodización cosmolóxica derivada da información contida na Xénese, o primeiro volume da Torá, a redacción da cal é atribuída a Moisés, no deserto do Sinaí no ano 1513 BC (BC = AC = AEC = ANE = antes da nosa era); nesta, relátase a creación do ceo e da terra, e os feitos posteriores ata a morte de Xosé, 1657 BC.

Na cosmoloxía clásica grega, a Terra era redonda e ocupaba o centro do universo. O Sol, a Lúa, os planetas e a esfera das estrelas fixas xiraban sen cesar arredor da Terra en perfectas órbitas circulares. Hesíodo, no ano 700 BC, no poema *Os traballos e os días* (*Ἔργα καὶ Ἡμέραι*) introduce o mito das Idades do Home e considera a existencia de cinco etapas na humanidade, con distintas xeracións de mortais: unha primitiva e paradisíaca, Idade de Ouro, á que suceden catro estadios de degradación: Idade de Prata, Idade de Bronce, Idade dos Heroes e Idade de Ferro. Estas foron igualmente comentadas e desenvolvidas por outros autores grecolatinos: Platón, Ovidio, Virxilio etc.

A mitoloxía romana atribúe a Rómulo e Remo a fundación da cidade de Roma. O proceso de constitución está cheo de lendas. A Rómulo, o primeiro rei

romano, atribúeselle a adopción dun novo calendario que comprendía 10 meses lunares, cunha duración de 304 días. Tamén existía o mito de que 12 aguias revelaran a Rómulo a data da destrución da cidade. Inicialmente considerouse que esta catástrofe sería no doceavo ano da súa fundación, pero este suceso non aconteceu. Polo tanto, a profecía foi modificada considerando que cada aguia representaba unha década e, en consecuencia, Roma sería destruída 120 anos despois da súa fundación. Como isto tampouco se cumpriu, algúns romanos optaron por situar este evento no ano 304 despois da fundación, ao vinculalo co número de días do calendario. Para establecer todos estes cálculos, os romanos afanábanse en situar o ano da fundación de Roma, que dende Varrón se calculou a partir da análise temporal das xeracións transcorridas e se fixou segundo distintas aproximacións no ano 754/753 BC (0 AUC = *Ab urbe condita*, dende a fundación de Roma).

Nas culturas vinculadas coas relixións monoteístas empregáronse os datos que achegan os libros sagrados para establecer a data de creación da Terra, así como as distintas etapas transcorridas, e fixar o día da fin do mundo, que é precedido por un conxunto de circunstancias pouco propicias para o desenvolvemento da humanidade. A falta de concreción nos textos sagrados levará a formular distintos cálculos, de forma que as indicacións referidas na Xénese sobre o número de xeracións transcorridas entre distintos eventos tratarán de trasladar unhas datas concretas no calendario. Noutros casos recorreráse tamén a conxecturas indirectas sobre a posición cronolóxica de determinados eventos históricos.

O calendario hebreo comeza coa Xénese do universo (AM *Anno Mundi*) e o seu inicio correspóndese co 7/10/3760 BC (primeiro día do mes Tishrei do ano 1 AM). No calendario hebreo os días empezan e finalizan co ocaso, mentres que no gregoriano o comezo se establece na media noite. A semana hebrea mantén a súa correspondencia cos seis días da creación e estes désígnanse con números ordinais en hebreo. Nos reinos cristiáns engadiuse un sétimo día, o domingo. Para a designación do resto dos días empréganse nomes de deidades pagás, como por exemplo o sexto día, que se denominou sábado (latín bíblico *sabbātum*, do hebreo *הַשַּׁבָּת יום*, *shabat*; día de repouso). Nalgúns países, como Portugal, aínda

se mantén para algún dos días a súa designación ordinal (segunda, terza, quarta, quinta, sexta-feira). A cronocosmoloxía máis antiga da tradición xudía atópase incluída no *Libro dos Xubileus*, un texto redactado cara ao 100 BC onde se divide o tempo transcorrido dende a creación en anos, semanas de anos e xubileus (sete períodos de sete anos). Así, o período que se sucede entre a creación e o asentamento do pobo xudeu en Canaan foi de 50 xubileus (2450 anos). De xeito semellante, o rabino Yose Ben Halafta defende no libro *Seder Olam Rabbah*, escrito no século II AD (AD = DC = *Anno Domini*), unha cosmocronoloxía teolóxica que se inicia coa creación no ano 3760 BC (3760 BC = 0 Anno Mundi = 0 AM), para finalizar coa conquista de Persia (331-329 BC) por Alexandre Magno. A partir dos datos incluídos en *El Talmud*, a tradición hebrea sostiña que o mundo, tal como o coñecemos, durará 6000 anos e desaparecerá co sétimo milenio, é dicir, no ano 2240 AD.

Entre os primeiros cristiáns considerábase que entre a crucifixión de Cristo e o xuízo final non tería que discorrer un longo prazo temporal. No Evanxeo de Mateo ponse en boca de Cristo a existencia dunha próxima fin do mundo: «Eu asegúrovos que non pasará esta xeración ata que todo isto suceda». Xorden así distintos apoloxistas que sinalan a data da fin do mundo en distintos anos: 350, 365, 400, 500, 530, calculados a partir da Encarnación ou da Paixón de Cristo. A medida que a sociedade se achegaba a unha das datas sinaladas, a preocupación acrecentábase entre moitos cristiáns, amplificada pola preocupante situación político-social e especialmente pola inseguridade das fronteiras ante ao avance dos bárbaros.

Na *Epístola* de Berbané, redactada cara a 120-130 AD, considerábase que a obra divina estaría completamente finalizada nuns 6000 anos, o ano cero dos cales se correspondería coa creación. Dado que os principais apoloxistas, como o bispo romano Hippolytos (c. 170-c. 236 AD) ou Sextus Julius Africanus (c. 160-c. 240), consideraban que a crucifixión se producira 5500 anos despois da creación, o día do xuízo final situaríase no ano 500 AD ou no ano 530 AD, facendo coincidir este último co quinto centenario da crucifixión.

O romano Eusebius Sophronius Hieronymus (c. 340-420 AD) foi o primeiro en vincular as idades do home cun calendario: Idade de Ouro (1710-1674 BC), Idade de Prata (1674-1628 BC), Idade de Bronce (1628-1472 BC), Idade dos Heroes (1460-1103 BC) e Idade de Ferro (1103 BC ata a actualidade). Pola súa banda, Agostiño de Hipona (354-430 AD) redacta entre 413-426 AD unha das súas principais obras, *A Cidade de Deus*, e nela establécese unha análise cronocsmolóxica que refuta os augurios dos milenaristas e os intentos para establecer unha cronoloxía para a fin do mundo, recordando que nos textos sagrados non se establecen datas precisas sobre a segunda chegada de Cristo, e el mesmo se expresou sobre este aspecto: «En canto a ese día ou a esa hora ninguén a coñece, nin os Anxos do ceo nin o Fillo, senón só o meu Pai» (Mateo 24: 36).

O monxe inglés Beda o Venerable (672-735) sitúa a partir da cronocsmoloxía hebrea a creación do mundo no 18/03/3952 BC e divide a súa historia en seis etapas: Adán-Noé, Noé-Abraham, Abraham-David, David-desterro Babilonia e Desterro á chegada de Cristo; e desta á actual, que se corresponde co denominado «tempo da Igrexa» e que finalizará no ano 2048 AD. Beda intenta manter a correlación das principais etapas de cronocsmoloxía cristiá coa periodización da semana, vinculando deste modo os aspectos derivados da Xénese cos da Pascua. Recoñece, en consecuencia, seis idades: a de Adán-Noé, a de Noé-Abraham, a de Abraham-David, a de David-desterro Babilonia, a de desterro-chegada de Cristo e a de chegada de Cristo ao actual, o denominado tempo da Igrexa, que despoza de todo significado cronolóxico. Acorde con Xerónimo ou Agostiño, esta cronocsmoloxía conclúe que a idade do mundo é incerta, aínda que, por outra parte, asume como data o ano 3952 BC e a do comezo da sexta idade o ano 672 despois da fundación de Roma, é dicir, entre o ano 83-82 BC. Inspirado por Ticonius Afro (c. 330-c. 390 AD) e Agostiño de Hipona (354-430 AD), Beda afirmaba que ninguén pode coñecer o día nin a hora do día do Señor e que as seis idades do mundo non representan unha duración de 6000 anos, encontrando fría e herética a interpretación dos seis milenios. A sétima idade, ao igual que o sétimo día, é a do descanso, a das almas privadas do corpo

en espera da resurrección, que terá lugar durante o oitavo día. Beda deixou esta nota profética entre os seus escritos: «Mentres o Coliseo de Roma siga en pé, Roma manterase; cando Roma e o seu coliseo caian, o mundo caerá». Ao chegarmos á fin do primeiro milenio da nosa era volven xurdir nos reinos cristiáns, especialmente en Francia, Inglaterra ou no Sacro Imperio Romano Xermánico, a preocupación pola fin do mundo, que se supón que acontecería no ano 1000 AD, ou preferentemente no ano 1033 AD, é dicir, un milenio despois da Paixón de Cristo. A data non deriva dun cálculo teolóxico, senón que se alimenta co medo nestes territorios ante a expansión territorial do Califato, identificado en distintas crónicas como o anticristo.

A cosmocronoloxía xudeo-cristiá-islámica difire substancialmente das establecidas en Oriente. O texto hindú coñecido como *Puranas* (en sánscrito «de tempos antigos») foi redactado entre os séculos IV e XVI AD, aínda que con seguridade recolle tradicións moito máis antigas. A cronoloxía do universo fixa a historia deste (Mah -Kalpa ou vida de Brahma) en 311,04 trillóns de anos.

2. CRONOLOXÍAS PARA NOVOS TEMPOS

O inicio dos tempos modernos adoita marcarse por un conxunto de sucesos, como a invención da imprenta (1448), a fin do Imperio Romano de oriente (1453 AD), a toma de Granada polos Reis Católicos (1493) e o comezo das exploracións ás Indias orientais e occidentais. Malia iso, as cronocosmoloxías teolóxicas seguirán sendo a única fonte para establecer a periodización da historia da Terra, que reciben novas modificacións de distintos autores. No século XVII, Cristoph Cellarius (1638-1707) propuxo unha periodización da civilización no Vello Mundo en tres unidades: «Historia Antiga», que comprendería os períodos clásicos de Grecia e Roma; «Media» para a Idade Media e «Nova» para o Renacemento. Neste mesmo século propóñense distintas modificacións á periodización cronocosmolóxica derivada das fontes teolóxicas. Así, James

Ussher, arcebispo da Igrexa de Irlanda (1625-1656), establece un calendario a partir das xenealoxías da Xénese. Deste xeito, fixa a creación da terra na tarde (18.00 h) do sábado 22 de outubro do ano 4004 BC e a expulsión de Adán e Eva do paraíso o luns 10/11/4004 BC. A periodización de Ussher foi amplamente aceptada no Vello Continente. Isaac Newton (1643-1727) realizou tamén un novo cálculo, a partir da *Biblia*, da data da fin do mundo e concluíu que esta se produciría 1260 anos despois da refundación do Sacro Imperio Romano levada a cabo por Carlomagno, é dicir, no ano 2060 AD.

Na segunda metade do século XVIII, os traballos levados a cabo por Giovanni Arduino (1714-1795), Johann Gottlieb Lehmann (1719-1767) e Georg Christian Füchsel (1722-1773) establecen as bases da estratigrafía. Anos máis tarde, Abraham Gottlob Werner (1749-1817), na súa célebre obra *Breve clasificación e descripción dos diferentes terreos* (1787), elabora a primeira proposta de cronoloxía de estratos, dividindo os terreos da montaña de Harz (Baixa Saxonia) en cinco tipos: primitivos, de transición, estratificados, aluviais e volcánicos. Non será, non obstante, ata o século XIX cando William Smith (1769-1839), Georges Cuvier (1769-1832) e Jean d'Omalius d'Halloy (1783-1875) realicen os primeiros intentos de datación dos estratos a partir dos fósiles de plantas ou animais preservados neles. En 1735, Giovanni Arduino (1714-1795 AD), a partir dos estudos xeolóxicos realizados no norte de Italia, divide a historia da Terra en catro grandes etapas: Primaria, Secundaria, Terciaria e Cuaternaria. Anos máis tarde, James Hutton (1726-1797) presenta ante a Sociedade Real de Edimburgo a súa Teoría da Terra (1785), na que defende que a cronoloxía da Terra era moito máis antiga que a que sostían as cosmocronoloxías teolóxicas xa que os ámbitos temporais contidos nestas non eran o suficientemente amplos para asumir un longo proceso no que as antigas montañas da terra foron erosionadas e os materiais arrastrados ao fondo do océano, onde se converteron en novas rochas que posteriormente emerxeron.

En 1878 celebrouse en París, coincidindo coa Exposición Universal, o primeiro Congreso Xeolóxico Mundial (CXM), que reuniu máis de 300 especialistas e

no que se intentaron resolver, aínda que non con moitos éxitos, os problemas de clasificación e nomenclatura xeolóxicas. O segundo congreso tivo lugar en Boloña no ano 1881 e nel establecéronse as bases para o desenvolvemento da ciencia xeolóxica (Vai 2004). Un dos aspectos debatidos no II CXM foi o da necesidade de unificar, aclarar os termos e os conceptos vinculados cos estratos e a súa cronoloxía, que se están a empregar nas distintas escolas. Malia iso, o establecemento das unidades xeocronolóxicas e cronoestratigráficas globais non se consegue ata o ano 1974, e é dende esa data responsabilidade da Comisión Internacional de Estratigrafía da Unión Internacional de Ciencias Xeolóxicas (Fernández López 1988).

Ata o século XIX, o establecemento da cronoloxía dos distintos episodios da historia da Terra realizábase a través de métodos de datación relativos nos que soamente se podían establecer relacións de anterioridade ou posterioridade con determinados eventos (*terminus ante quem*, *terminus post quem*). No século XIX aparecen distintos métodos de datación absoluta a partir dos cales se obtén unha maior precisión temporal. O primeiro deles foi a dendrocronoloxía. O uso dos aneis das árbores para establecer a súa idade con precisión xa era coñecido por Teofrasto, e o propio Linneo desenvolveu distintas experiencias, pero non será ata 1827 cando Alexander *Catlin* Twining (1801-1884) estableza os seus fundamentos científicos. Unha situación similar acontece co estudo da sedimentación rítmica que se aprecia nos lagos glaciares de Escandinava dende o final dos tempos glaciares, onde se forman estratos anuais de sedimentos arxilosos que permiten analizar con precisión o tempo transcorrido. A comezos do século XX aparecen novas técnicas para o estudo da historia da Terra. A paleobioloxía, centrada no estudo de restos orgánicos, complementase coa investigación dos fósiles e cobre os períodos máis recentes da historia nos que non hai rexistro destes. O descubrimento da radioactividade (1896) terá unha directa aplicación nos estudos cronolóxicos e xurdirán, deste xeito, novos métodos de datación absoluta baseados na idea de que o lapso de tempo transcorrido é a constante de desintegración no tempo dalgún isótopo radioactivo: datacións radio-

métricas (C12/C14, K/Ar, U/Th, U/Pb, Rb/Sr, Sm/Nd etc.); que se complementan con métodos non radiométricos, como as datacións por termoluminiscencia ou a datación por paleomagnetismo. As variacións isotópicas dos isótopos estables de hidróxeno (H2/1), osíxeno (O18/16) e carbono (C13/12) teñen tamén unha grande aplicación no estudo do clima pasado e permitiron un rápido desenvolvemento da paleoclimatoloxía e, en xeral, da paleoecoloxía.

O avance da xeoloxía e da paleobioloxía durante os séculos XX e XXI provocou unha importante modificación e continua adecuación da periodización da historia da Terra. Un exemplo evidente é a modificación sufrida en relación cos períodos máis recentes. O Cuaternario foi entendido inicialmente como unha era pero posteriormente considerouse que as súas características diferenciais con respecto ao Terciario non tiñan suficiente entidade para entenderse de forma independente e, na actualidade, forma parte da mesma era, a Cenozoica. O límite entre o Terciario e o Cuaternario sufriu igualmente importantes modificacións. Inicialmente vinculouse o Cuaternario coa aparición do xénero Homo e co inicio dun período de arrefriamento global do clima, no que se suceden episodios extremadamente fríos e outros temperados. Non obstante, os sucesivos estudos arqueolóxicos e antropolóxicos situaban os grupos primitivos de Homo no Terciario, identificándose igualmente neste mesmo período os primeiros eventos glaciares. O carácter difuso entre o Cuaternario e o Terciario leva consigo, ademais, a consideración ou non de que o propio Cuaternario teña a mesma categoría temporal que o Cámbrico, o Carbonífero ou o Xurásico, formulación que soamente pode defenderse dende unha perspectiva antropocéntrica da historia da Terra.

Non menos importante foi dende o inicio do século XX a periodización do Cuaternario e do propio Holoceno. Os modelos de periodización baseados no estudo das órbitas planetarias así como os obtidos a partir do estudo estratigráfico, cronolóxico e paleoecolóxico de depósitos glaciares, cársticos, litorais, orgánicos etc. mostraban numerosos interrogantes, que se amplificaban no

momento de tratar de correlacionar distintas secuencias rexionais e subrexionais e, sobre todo, a medida que nos internamos nos períodos temporais de maior antigüidade. A análise da variación isotópica do O18/16 nas cunchas dos foraminíferos mariños incluídos nos sedimentos oceánicos, apoiada con datacións radiométricas e estudos micropaleontolóxicos, permitiu unha reconstrución da paleotemperatura global durante o Cuaternario así como establecer diferenzas entre os grandes territorios. A medición da variación isotópica aplicouse paralelamente ás burbullas de aire contidas nas mostras de xeo, obtidas en sondaxes da Antártida e Groenlandia. Aquí, a cronoloxía das últimas secuencias publicadas alcanza os 2,7 Ma (Yan *et al.* 2015) e obtéñense, xunto aos datos de paleotemperatura, rexistros sobre a concentración no aire de CO₂ e de CH₄. Malia iso, a reconstrución paleoecolóxica relativa aos períodos anteriores ao último estadio glaciario do Cuaternario resulta aínda un obxectivo inconcluso para a ciencia, tanto a nivel global como rexional e subrexional, sobre todo se a comparamos cos datos dispoñibles para o Tardiglaciario e para o Holoceno (Cf. Jorda Pardo 1995).

A periodización do Cuaternario, ao igual que a do Terciario, realízase a partir de criterios climáticos, que nas actuais zonas mornas e boreais do planeta deron orixe a unha sucesión de fases frías e temperadas que se designan como ciclos glaciario-interglaciario. Na Fase Glaciario predominan as condicións frías ou extremadamente frías, o xeo acumúlase nas montañas así como nas áreas oceánicas e continentais de maior latitude. A Fase Glaciario pode dividirse en fases frías (estadial) e fases menos frías (interestadial), rexistrándose, pola súa vez, nestas últimas, diferentes subfases. A fase interglaciario mostra habitualmente unha subfase de incremento térmico (Anatérmica), un período de máximo térmico (Óptimo Climático do Interglaciario), na que a superficie dos xeos acumulados nos océanos e nas áreas continentais se reduce drasticamente, e unha fase de detrimento térmico (Catatérmica). A caracterización global das condicións climáticas destes ciclos elabórase a partir das variacións isotópicas de determinados elementos químicos. A caracterización rexional e subrexional tanto do clima como do pro-

pio ecosistema debe ter en conta a heteroxeneidade bioxeográfica dos distintos territorios, polo que necesita un abundante número de *proxy data* derivado de estudos paleobotánicos, paleozoolóxicos e paleoantropolóxicos, apoiados en datos cronolóxicos e sedimentolóxicos. No noroeste ibérico, esta información céntrase maioritariamente en relación coas dúas últimas fases glaciaria e interglaciaria, o Würm e o Holoceno (Muñoz Sobrino *et al.* 2005; Ramil Rego *et al.* 1998, 2008, 2009, 2011; Gómez-Orellana *et al.* 2007; Ramil Rego 2009a, 2009b etc.).

3. HOLOCENO

Cronoloxicamente o Holoceno é unha época do período Cuaternario, que pola súa vez está integrada dentro da era Cenozoica, que se corresponde co último episodio interestadial (estadio isotópico 1) rexistrado no Cuaternario e que se inicia tras o final do interestadio Tardiglaciaria (estadio isotópico 2). E, no momento da súa finalización, será sucedido por unha nova fase stadial. O termo Holoceno foi acuñado en 1867 polo paleontólogo francés Paul Gervais (1816-1879) para referirse ao período cálido posterior á última glaciación e foi adaptado como unidade temporal no Congreso Xeolóxico Internacional (Berlín, 1885).

O Holoceno é o último interestadial do Cuaternario, que se inicia tras o final do último stadial, o Würm. O inicio do Holoceno foi establecido en 10000 BP. Posteriormente, nas secuencias polínicas, coas reconstrucións isotópicas asignouse este comezo ao estadio isotópico 1, mentres que o Tardiglaciaria quedou no 2; o límite entre ambos os dous foi datado en 11700 cal BP (cal BP = data calibrada antes do presente). As divisións do Holoceno establecéronse dende comezos do século XX a partir das secuencias polínicas obtidas en turbeiras e lagos de Escandinavia, onde, de acordo coa resposta da vexetación aos cambios de temperatura e humidade, se recoñeceron cinco períodos en función do espectro

polínico arbóreo dominante, os cambios da cal respondían a unha diferente configuración da paisaxe: preboreal, boreal, atlántica, subboreal, subatlántica. A pesar de que esta división se difundiu rapidamente, o seu emprego mostraba numerosos problemas en canto á delimitación cronolóxica das distintas fases ou en relación cos eventos empregados para a súa delimitación. Actualmente, a periodización escandinava do Holoceno soamente se emprega como unha referencia meramente temporal.

Na periodización actual do Holoceno (Johnsen *et al.* 1989; Veizer *et al.* 1999; Royer *et al.* 2004; Lisiecki / Raymo 2005; Zachos *et al.* 2008; IPCC 2013; Marcott *et al.* 2013) pódese recoñecer, ao igual que no resto dos interglaciares, tres grandes fases en relación coa variación temporal da temperatura. A fase Anatórmica (11,7-8,0 ky cal BP) englobaría a preboreal, boreal e o inicio da atlántica, e nela rexístrase un importante cambio na configuración da paisaxe, na que as formacións dominantes na última etapa do Tardiglacial son progresivamente substituídas por formacións arbóreas ata alcanzar estas a hexemonía na paisaxe. En Galicia, a colonización e a expansión arbórea que caracterizan este proceso veñen marcadas polo dominio dos elementos caducifolios, sendo os carballos (*Quercus tp robur*), os bidueiros (*Betula*) e as abeleiras (*Corylus*) os taxóns maioritarios, acompañados en menor proporción por elementos higrófilos (*Alnus*, *Salix*) así como por un gran número de elementos mesófilos (*Castanea*, *Fagus*, *Ulmus*, *Acer*, *Fraxinus*, *Celtis*, *Tilia*, *Carpinus*, *Malus*, *Pyrus*, *Crataegus* etc.) e, en menor medida, árbores perennifolias (*Quercus tp ilex*, *Taxus*, *Ilex*, *Laurus*). As coníferas (*Abies*, *Pinus*) e os xenebreiros (*Juniperus*) teñen unha escasa significación territorial, situación que se agudiza a medida que nos afastamos do límite Tardiglacial-Holoceno, adquirindo un papel meramente residual e mesmo desaparecendo en moitos dos territorios galaicos (Muñoz Sobrino *et al.* 2005; Ramil Rego *et al.* 2009). Tras a fase Anatórmica rexistrárase o Óptimo Climático do Holoceno, no que se alcanza a maior termicidade do interglacial, a cal favorece polo menos nos territorios atlánticos de Europa o mantemento da hexemonía do bosque na paisaxe, mentres se rexistran os valores mínimos da

superficie de xeo nas montañas e sobre os océanos. Tras o Óptimo Climático situaríase a fase Catatérmica, marcada por un irregular arrefriamento. A delimitación e periodización destas dúas últimas fases non está aínda resolta, xa que as subfases que as conteñen non sempre son recoñecidas en todos os territorios ou, polo menos, non sempre están representadas coa mesma intensidade e duración temporal (táboa 1).

Nos territorios atlánticos europeos o Óptimo Climático do Holoceno iníciase no 8,0 ky cal BP e nel diferéncianse tres subfases (táboa 1). A primeira subfase do Óptimo Térmico do Holoceno (8,0-7,4 ky cal BP) correspóndese co episodio de maior termicidade rexistrado dende o inicio do Holoceno. Séguelle unha subfase de detrimento das temperaturas (7,4-6,2 ky cal BP), que é empregada para marcar ao seu termo o final do Óptimo Climático, aínda que en distintas secuencias se adoita prolongar este ata o ano 5,3 ky cal BP, integrando dentro deste a primeira fase da Neoglaciación (Neogl-I), de carácter máis térmico que as seguintes.

No NO ibérico, a adopción das prácticas agrícolas e gandeiras realízase arredor do ano 6,3 ky cal BP (5500 BP), coincidindo cos eventos finais do Óptimo Climático, mostrando un forte atraso en relación co momento ou inicial de difusión na Península Ibérica e especialmente coas fases iniciais de domesticación acontecidas no crecente fértil. As primeiras prácticas agrícolas e gandeiras que se rexistran no NO ibérico teñen unha reducida incidencia sobre o territorio, xa que se corresponden con ocupacións temporais de carácter seminómade, nas que se establece unha agricultura sustentada sobre o cultivo de cereais e legumes, que foron domesticados e seleccionados fóra do noso territorio. O final do Óptimo Climático do Holoceno marca o comezo da fase Catatérmica, que, en consecuencia, se iniciaría ben na data 6,2 ky cal BP ou no ano 5,3 ky cal BP (táboa 1). Integrando a primeira subfase da Neoglaciación (Neogl-I) no Óptimo Climático, a fase Catatérmica (5,3 ky cal BP-1950 AD) aparece configurada por tres episodios: Neogl-II (5,3-3,3 ky cal BP), Neogl-III (3,3-2,2 ky cal BP) e Neogl-IV (2,2 ky cal BP á actualidade). En cada un deles defínese un ou dous

Táboa 1. Periodización do Holoceno

	Datas		
	Non calibrada	Calibrada	Calendario (cal)
* HOLOCENO	10,0 ky BP-1850 AD	11,7 ky BP-1850 AD	9,5 ky BC-1850 AD
❖ Fase Anatórmica	10,0-7,2 ky BP	11,7-8,0 ky BP	9,5-6,0 ky BC
❖ Óptimo Climático do Holoceno	7,2-4,6 ky BP	8,0-5,3 ky BP	6,0-3,6 ky BC
• Óptimo Térmico	7,2-6,5 ky BP	8,0-7,4 ky BP	6,0-5,4 ky BC
• Sub-óptimo Térmico	6,5-5,4 ky BP	7,4-6,2 ky BP	5,4-4,2 ky BC
• Neoglaciación-I	5,4-4,6 ky BP	6,2-5,3 ky BP	4,2-3,6 ky BC
Período Frío	5,4-5,3 ky BP	6,2-6,0 ky BP	4,2-4,1 ky BC
Período Cálido	5,3-4,6 ky BP	6,0-5,3 ky BP	4,1-3,6 ky BC
❖ Fase Catatórmica	4,6 ky BP-1850 AD	5,3 ky BP-1850 AD	3,6 BC-1850 AD
• Neoglaciación-II	4,6-3,1 ky BP	5,3-3,3 ky BP	3,6-1,4 ky BC
Período Cálido	4,6-3,5 ky BP	5,3-3,8 ky BP	3,6-1,8 ky BC
Período Frío: Idade dos Metais	3,5-3,3 ky BP	3,8-3,5 ky BP	1,8-1,5 ky BC
Período Cálido	3,3-3,1 ky BP	3,5-3,3 ky BP	1,5-1,4 ky BC
• Neoglaciación-III	3,1-2,2 ky BP	3,3-2,2 ky BP	1,4 ky-284 BC
Período Frío: Idade dos Metais	3,1-2,8 ky BP	3,3-2,9 ky BP	1,4-1,0 ky BC
Período Cálido Romano	2,8-2,2 ky BP	2,9-2,2 ky BP	1,0 ky-284 BC
• Neoglaciación-IV	2,2 ky BP-1850 AD	2,2 ky BP-1850 AD	284 BC-1850 AD
Período Cálido Romano	2,2-2,0 ky BP	2,2-1,9 ky BP	284-10 BC
Episodio Frío da Idade Media	2,0 ky-1100 AD	1,9 ky-1100 AD	10 BC-1100 AD
Óptimo Climático Medieval	----	----	1100-1250 AD
Pequena Idade de Xeo	----	----	1300-1850 AD
* • Antropoceno-1	1850-2018 AD	1850-2018 AD	1850-2018 AD

episodios fríos, separados por pequenas etapas de maior termicidade: a caracterización e delimitación temporal das subfases e dos distintos eventos fríos gardan relación cos avances e retrocesos que se documentaron nos aparatos glaciares, especialmente nos do continente americano. A periodización establecida para a Neoglaciación correlacionouse frecuentemente con *proxy data* obtidos de rexistros ambientais e, para os eventos máis recentes, de información deducida de fontes documentais. Isto permitiu obter unha maior precisión na reconstrución da dinámica climática e ambiental (Ramil Rego *et al.* 2009).

A segunda subfase, Neogl-II (5,3-3,3 ky cal BC), inclúe dous pequenos eventos cálidos, entre os que se rexistra un episodio frío que foi designado en Europa como Período Frío da Idade dos Metais I (3,5-3,3 ky BP, 3,8-3,5 ky cal BP). En Galicia esta subfase coincide co final do Calcolítico (c. 4,2-3,7 ky BP) e co inicio da Idade de Bronce (c. 3,7-2,3 ky BP), período en que se configuran as primeiras aldeas agrícolas e se inicia unha progresiva deforestación do territorio mediante queimas, cavaduras e pastoreo. A subfase Neogl-III (3,3-2,2 ky cal BP = 3,1-2,2 ky BP) ten unha etapa inicial (3,3-2,9 ky cal BP) denominada Período Frío da Idade dos Metais II, na que se manteñen as condicións frías rexistradas ao final da subfase anterior. Posteriormente rexístrase unha etapa de maior termicidade (2,9-2,2 ky cal BP), que coincide cronoloxicamente coa expansión do Imperio Romano na cunca mediterránea, polo que este evento foi designado como Período Cálido Romano-I (táboa 1).

A última subfase da Neoglaciación (Neogl-IV) iníciase no ano 2,2 ky cal BP (2,2 ky BP = 284 BC) e prolóngase ata a segunda Revolución Industrial (1850 AD). Nela sucédense distintos eventos fríos e temperados. A subfase iníciase cun curto evento térmico, o Período Cálido Romano-II (284-10 BC), que supón a continuación do rexistrado ao final da subfase Neogl-III (táboa 1). En Galicia a Neogl-IV abrangue temporalmente importantes cambios históricos que terán unha significativa repercusión sobre a configuración do territorio. O inicio da subfase coincide coa Idade de Ferro, período en que se produce un importante incremento na explotación dos recursos naturais, con relación á rexistrada a

finais da Idade de Bronce. O ambiente cálido favoreceu a expansión territorial da agricultura, sustentada, ao igual que na etapa anterior, no cultivo de distintos tipos de cereais e legumes de gran. A maior dispoñibilidade de alimentos derivou nun aumento da poboación e as pequenas aldeas repartidas pola case totalidade da xeografía galega aumentaron de tamaño, fortificáronse e construíronse muros defensivos de terra e pedras, fosos e estacadas, e configuráronse deste xeito os poboados coñecidos como castros.

A explotación dos recursos naturais mostra, ao igual que na etapa da Idade de Bronce final, claras evidencias de insustentabilidade (incendios, tallas de bosques, cavaduras para a instalación de áreas de cultivo, pastoreo etc.). Nas áreas de baixa e media altitude, os ecosistemas prístinos que se configuraran tras a fin dos tempos glaciares e que dominaran os distintos espazos xeográficos adquiren agora un papel secundario e son substituídos por un mosaico de medios seminaurais, espazos cultivados e en barbeito así como pequenas áreas asociadas aos lugares habitados polo home ou o gando. A paisaxe móstrase nas áreas de baixa e media altitude, fortemente desarborada, que alcanza coberturas similares ás rexistradas nos períodos máis fríos do Plistoceno. A acción humana xerou, durante este período temporal, unha perda xeneralizada da biodiversidade, aspecto que xa se entrevía nas cronocosmoloxías teolóxicas que foron elaboradas nestes mesmos períodos.

Ao final deste evento cálido (Neogl-IV) prodúcese a invasión das tropas romanas comandadas por Décimo Xuño (137 BC) e o inicio da romanización (137-10 BC). As etapas posteriores da Romanización (10 BC-476 AD), que se inician co goberno do Imperator Caesar Augustus (27 BC-14 AD) e culminan coa conquista de Roma polo bárbaro Odoacaro, rei dos hérulos, intégranse nun período frío, que afectará negativamente ao desenvolvemento da actividade agrícola limitando a produción dos cultivos termófilos en moitos terreos. O ambiente frío continuará dominando durante a configuración do reino suevo de Galicia (409-585 AD), a anexión ao reino visigodo (585-714 AD), a conquista árabe e o establecemento dos reinos cristiáns (c. 740-1100 AD). A partir do 1100 AD e

ata o 1250 AD rexístrase unha breve etapa de incremento térmico (Óptimo Climático Medieval), un período en que Galicia rexistra un forte auxe do monacato con grandes mosteiros (Santa María de Meira, Sobrado dos Monxes, San Pedro de Vilanova de Dozón, Santo Estevo de Ribas de Sil, San Clodio, San Lourenzo de Carboeiro, Santa María de Montederramo etc.), que afianzan o uso e explotación dos recursos naturais. O final da Neogl-IV correspóndese cun episodio frío, a Pequena Idade de Xeo (1300-1850 AD). Dentro desta recoñécense tres eventos fríos: 1650 AD, 1770 AD e 1850 AD, cada un deles separados por pequenos períodos temporais máis térmicos. Os eventos fríos terán de novo unha directa repercusión sobre a agricultura, marcando tanto en Galicia coma noutros territorios do SO de Europa fortes limitacións para o establecemento das novas especies de cultivo procedente das Indias e de Australasia.

4. HOLOCENO VS ANTROPOCENO

Nas secuencias paleoambientais publicadas ata finais do século XX, o teito temporal do Holoceno facíase coincidir coa actualidade, asumindo que, tras a Pequena Idade de Xeo, se rexistrarían un conxunto de episodios fríos e temperados, que acorde cos modelos rexistrados noutros ciclos glacial-interglacial deberían conducir a un novo período stadial. Pero esta dinámica foi substituída por un episodio de quentamento térmico global xerado polo home. A problemática do cambio climático antropoxénico foi un revulsivo no desenvolvemento da investigación paleoclimática e paleoambiental, que, ata mediados do século XX, frecuentemente eludira o estudo dos períodos máis recentes da historia da Terra, situación que se agrava no ámbito das ciencias xeolóxicas cando a problemática e a complexidade do subatlántico, e en xeral a do Holoceno, quedaba a miúdo reducida a un par de parágrafos.

A problemática do cambio climático antropoxénico forma parte dun contexto pouco prometedor para a humanidade que, baixo a designación de cambio

global, agrupa todo un conxunto de graves perturbacións de orixe antrópica que están a afectar de forma negativa á biosfera e que están a causar importantes perdas de recursos así como a condena á fame e á miseria de moitas sociedades e pobos que ata hai pouco tempo podían vivir aproveitando os recursos naturais. As accións destrutoras e desencadeantes deste cambio global son ben coñecidas na actualidade. En Galicia, este trágico panorama vén marcado polo uso irracional de combustibles fósiles procedentes de América e Asia para a obtención de enerxía, mentres que os reservorios a medio e longo prazo de carbono galego (turbeiras, breixeiras húmidas, marismas, bosques nativos etc.) seguen a ser destruídos con recheos, plantacións de especies exóticas –especialmente de eucaliptos– e, en menor medida, para a obtención de solos agrícolas (Gómez-Orellana *et al.* 2014; Ramil Rego *et al.* 2016, 2017). O aproveitamento irracional dos recursos naturais evidénciase na contaminación que mostran moitos solos, ademais dos medios acuáticos, tanto continentais como mariños. A deficiente depuración, e mesmo a falta desta, unida a un uso irresponsable de xurros, fertilizantes, herbicidas e produtos fitosanitarios están a desbordar a capacidade de resiliencia dos ecosistemas acuáticos.

A mesma situación arrepiante apréciase ao comprobar como ano tras ano a superficie ocupada por hábitats naturais e seminaturais se reduce mentres que a de áreas protexidas permanece inamovible e, pola contra, aumenta de forma prodixiosa a superficie ocupada por formacións exóticas (*Eucalyptus*, *Pinus*, *Pseudotsuga* etc.), ou como as poboacións das especies endémicas, raras ou ameazadas seguen tamén reducíndose e recibindo os impactos negativos de distintas actividades humanas. A perda do natural deixou paso ao establecemento e expansión de especies exóticas invasoras, o número das cales aumenta ano tras ano, con claros efectos negativos sobre o medio e sobre a sociedade. Nalgunhas áreas protexidas de Galicia, o número de especies exóticas invasoras supera o número de especies protexidas. E, ano tras ano, increméntanse máis especies, que ata hai pouco tempo ninguén coñecía; así, o fento mosquito (*Azolla filiculoides*), a cortadeira (*Cortaderia selloana*), a unlla de gato (*Carpobrotus edulis*), a herba do

Cabo (*Arctotheca calendula*), a herba nodosa (*Reynoutria japonica*), o pasto de Santo Agostiño (*Stenotaphrum secundatum*), a tritonia (*Crocosmia × crocosmiiflora*), o pasto negro (*Sporobolus indicus*), o picudo vermello das palmeiras (*Rhynchophorus ferrugineus*), a avespiña do castiñeiro (*Dryocosmus kuriphilus*), o avespón asiático (*Vespa velutina*), o gurgullo do eucalipto (*Gonipterus scutellatus*), o black bass (*Micropterus salmoides*), o mapache (*Procyon lotor*) ou o porco vietnamita (*Sus scrofa domestica*) se desenvolven libremente polo territorio galego. Algunha destas especies, como a *Phytophthora alni*, destruíu en menos dunha década (2008-2018) a case totalidade dos bosques da ribeira de Galicia e matou centos de miles de individuos e puxo en grave perigo o mantemento das funcións ecolóxicas inherentes aos corredores fluviais. A este elenco habería que unir os organismos xeneticamente modificados (OXM), cuxa superficie se está a incrementar de forma exponencial, e a explotación irracional dos recursos sostibiles.

O cambio global incide igualmente sobre o sistema climático do planeta, o cal sufriu dende a Revolución Industrial unha dinámica en que certas variacións detectadas a escala continental e rexional están directamente vinculadas á acción humana (IPCC 2007, 2013). Paul Crutzen, Premio Nobel de Química en 1995 polo seu traballo sobre a formación e a descomposición do ozono, propuxo unha nova división do Cuaternario e formulou xunto ao Plistoceno e o Holoceno unha terceira época, que designou Antropoceno (do grego *anthr pos*, home, e *kyinos*, común), marcado a nivel mundial polos efectos derivados do incremento da poboación humana e do desenvolvemento económico sobre o medio (Crutzen / Stoermer 2000; Crutzen 2006) ata percibirse a escala rexional ou mesmo global. A semellanza das cronocosmoxías teolóxicas, o termo Antropoceno foi empregado tanto para formular unha periodización dos tempos pasados como para aventurar os vindeiros, nun escenario frecuentemente pouco esperanzador.

Consideramos que o Antropoceno ten suficiente entidade, dende un punto de vista paleoambiental, ligada ao cambio global e ao cambio climático antropoxénico, para consideralo como unha fase do Holoceno, aínda que tampouco rexeitamos a proposta inicial de Crutzen (Crutzen / Stoermer 2000) de conside-

ralo como unha época do Cuaternario, posterior ao Holoceno. En calquera das dúas opcións, o inicio do Antropoceno debería fixarse tras o final da Pequena Idade de Xeo (1850 AD), momento a partir do cal se incrementa a pegada destrutiva do home sobre os ecosistemas naturais, xa fortemente extenuados en múltiples territorios do planeta, especialmente no vello continente. A pesar do escaso tempo transcorrido dende o seu inicio, ao longo do Antropoceno (1850-2018 AD) os sedimentos continentais e mariños impregnáronse de novos compostos artificiais que se foron obtendo e difundindo en distintas décadas: biocidas (lindano, DDT, aldrin, endrin, malation, paration, glifosato etc.), con diferente grao de persistencia e asimilación polos organismos vivos, produtos plásticos presentes na actualidade en todos os ecosistemas do planeta, que chegan a formar grandes acumulacións nos océanos (baquelita, polietileno, poliestireno, nailon, polipropileno etc.), así como contaminantes radioactivos derivados de actividades civís, militares ou de accidentes. Os sedimentos do Antropoceno mostran tamén tafocenoses características, marcadas pola presenza de elementos alóctonos distribuídos a partir de 1850 AD, ano en que dende Australia se distribúen aos distintos continentes diferentes especies de *Eucalyptus*, *Acacia*, mentres que o territorio australiano é invadido por especies transportadas polo home dende o Reino Holártico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CRUTZEN P. J. (2006): «The “Anthropocene”», en E. Ehlers / T. Krafft (eds.), *Earth System Science in the Anthropocene*, Berlin, Springer, 13-18.
- CRUTZEN, P. J. / E. F. STOERMER (2000): «The Anthropocene», *Global Change Newsletter*, 41, 17-18.
- FERNÁNDEZ LÓPEZ, S. (1988): «Bioestratigrafía y biocronología: su desarrollo histórico», en *Curso de conferencias sobre historia de la paleontología. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 185-215. (Col. Historia de la Ciencia).
- GÓMEZ-ORELLANA L. / P. RAMIL REGO / C. MUÑOZ SOBRINO (2007): «The Würm in NW Iberia, a pollen record from Area Longa (Galicia)», *Quaternary Research* 67, 438-452.
- GÓMEZ-ORELLANA, L. / M. RUBINOS ROMÁN / C. CILLERO CASTRO / B. HINOJO SÁNCHEZ / P. RAMIL REGO / J. FERREIRO DA COSTA (2014): «Los humedales de Galicia como sumidero de carbono: evaluación, distribución y estado de conservación», *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 108, Sección Geología, 19-26.
- GRADSTEIN, F. M. / J. G. OGG / M. SCHMITZ / G. OGG (2012): *The Geologic Time Scale 2012* (2 Volume Set 1 e 2), Amsterdam, Elsevier.
- IPCC (Intergovernmental Panel of Climatic Change) (2007): *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Core Writing Team / R. K. Pachauri / A. Reisinger (eds.), Xenebra (Suíza), IPCC.
- IPCC (Intergovernmental Panel of Climatic Change) (2013): *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. T. F. Stocker / D. Qin, G.-K. Plattner / M. Tignor / S. K. Allen / J. Boschung / A. Nauels / Y. Xia / V. Bex / P. M. Midgley (eds.), Cambridge / Nova York, Cambridge University Press.
- JOHNSEN, S. J. / W. DANSGAARD / J. W. C. WHITE (1989): «The origin of Arctic precipitation under present and glacial conditions», *Telus*, 41, 452-469.
- JORDA PARDO, J. F. (1995): «El Cuaternario: definición, límite inferior y divisiones», *Zephyrus*, 48, 53-74.
- LISIECKI, L. E. / M. E. RAYMO (2005): «A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic¹⁸O records», *Paleoceanography*, 20:2, PA 1003.
- MARCOTT, S. A. / J. D. SHAKUN / P. U. CLARK / A. C. MIX (2013): «A Reconstruction of Regional and Global Temperature for the Past 11,300 Years», *Science*, 339:6124, 1198-1201.
- MICHELET, J. (1831): *Introduction à l'histoire universelle*, París, Librairie Classique de L. Hachette.
- MUÑOZ SOBRINO, C. / P. RAMIL REGO / L. GÓMEZ-ORELLANA / R. DÍAZ VARELA (2005): «Palynological data on major Holocene climatic events in NW Iberia», *Boreas*, 34, 381-400.
- RAMIL REGO, P. (2009a): «Sinopsis de los Agrosistemas de Galicia», en X. Simón García / D. Copena Rodríguez (coords.), *Construindo un rural agroecolóxico*, Vigo, Servizo de Publicacións da Universidade de Vigo, 51-69.
- RAMIL REGO, P. (2009b): «Xénese e caso das paisaxes naturais de Galicia», en F. Díaz-Fierros Viqueira / F. López Silvestre (coords.), *Olladas críticas sobre a paisaxe*, Santiago de Compostela, Consello da Cultura Galega, 171-184.
- RAMIL REGO, P. / C. MUÑOZ SOBRINO / M. RODRÍGUEZ GUTIÁN / L. GÓMEZ-ORELLANA (1998): «Differences in the vegetation of the North Iberian Peninsula during the last 16,000 years», *Plant Ecology*, 138, 41-62.

- RAMIL REGO, P. / L. GÓMEZ-ORELLANA / C. MUÑOZ SOBRINO (2008): «Paleoclimatoloxía», en F. Díaz-Fierros Viqueira (coord.), *Historia de meteoroloxía e da climatoloxía de Galicia*, Santiago de Compostela, Consello da Cultura Gallega, 109-142.
- RAMIL REGO, P. / L. GÓMEZ-ORELLANA / C. MUÑOZ SOBRINO / S. GARCÍA GIL / J. IGLESIAS / M. PÉREZ MARTÍNEZ / N. MARTÍNEZ CARREÑO / B. DE NOVOA (2009): «Cambio climático y dinámica del paisaje en Galicia», *Recursos Rurais*, 5, 21-47.
- RAMIL REGO, P. / L. GÓMEZ-ORELLANA / C. MUÑOZ SOBRINO / J. P. TERESO (2011): «Dinâmica natural e transformación antrópica das florestas do noroeste ibérico», en J. P. Tereso / J. Pradinho Honrado / A. T. Pinto / F. Castro Rego (eds.), *Florestas do Norte de Portugal: História, Ecologia e Desafios de Gestão*, InBio – Rede de Investigação em Biodiversidade e Biologia Evolutiva, Porto (Portugal), 15-54.
- RAMIL REGO, P. / M. A. RODRÍGUEZ GUITIÁN / H. LÓPEZ / J. FERREIRO DA COSTA (2016): «Os queirogais: compoñentes chave da biodiversidade de Galicia, en proceso de destrución e desaparición», *Cerna*, 76, 18-21.
- RAMIL REGO, P. / J. FERREIRO DA COSTA / M. A. RODRÍGUEZ GUITIÁN / L. GÓMEZ ORELLANA (2017): «Perdas e alteracion da biodiversidade nos humidais de Galicia», en P. Ramil Rego / L. Gómez-Orellana / J. Ferreiro da Costa (eds.), *Conservación e Xestión de Humidais en Galicia*: Horreum-Ibader, Santiago de Compostela, 127-167.
- ROYER, D. L. / R. A. BERNER / I. P. MONTAÑEZ / N. TABOR / D. J. BEERLING (2004): «CO₂ as a primary driver of Phanerozoic climate», *GSA Today*, 14:3, 5-10.
- VAI, G. B. (2004): «The Second International Geological Congress, Bologna, 1881», *Episodes*, 27:1, 13-20.
- VINTHER, B. M. / S. L. BUCHARDT / H. B. CLAUSEN / D. DAHL-JENSEN / S. J. JOHNSEN / D. A. FISHER / R. M. KOERNER / D. RAYNAUD / V. LIPENKOV / K. K. ANDERSEN / T. BLUNIER / S. O. RASMUSSEN / J. P. STEFFENSEN / A. M. SVENSSON (2009): «Holocene thinning of the Greenland ice sheet», *Nature*, 461, 385-388.
- YAN, Y. / J. NG / J. HIGGINS / A. KURBATOV / H. CLIFFORD / N. SPAULDING / J. SEVERINGHAUS / E. BROOK / P. MAYEWSKI / M. BENDER (2015): «2.7-Million-Year-Old Ice from Allan Hills Blue Ice Areas, East Antarctica Reveals. Climate Snapshots Since Early Pleistocene», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112:22, 6887-6891.
- ZACHOS, J. C. / G. R. DICKENS / R. E. ZEEBE (2008): «An early Cenozoic perspective on greenhouse warming and carbon-cycle dynamics», *Nature*, 451, 279-283.