

Rafael Cobos*

Resumen: El cambio climático y su influencia en el colapso de sociedades complejas antes del siglo XIX muestra que diferentes civilizaciones lograron adaptarse a los retos que impusieron las condiciones severas del clima; sin embargo, en los últimos dos siglos, los procesos de industrialización, el consumo masivo de recursos, la contaminación del planeta Tierra y el rápido y exponencial crecimiento poblacional están produciendo condiciones sin precedentes que amenazan con la sobrevivencia del *Homo sapiens sapiens*. En este trabajo se usa la arqueología para revisar el pasado y, con base en lo que podemos aprender de él, utilizarlo para lograr procesos adaptativos antes de que colapse nuestra civilización.

Palabras clave: cambio climático, Antropoceno, colapso, arqueología, civilización.

Abstract: Climate change and its influence on the collapse of complex societies before the 19th century shows that different civilizations managed to adapt to the challenges imposed by severe climate conditions. However, in the last two centuries, the processes of industrialization, the massive consumption of resources, the pollution of planet Earth, and the rapid and exponential population growth are producing unparalleled conditions that threaten the survival of *Homo sapiens sapiens*. This paper uses archaeology to review the past and, based on what we can learn from it, use it to achieve adaptive processes before our civilization collapses.

Keywords: Climatic change, Anthropocene, Collapse, Archaeology, Civilization

Cambio climático y Antropoceno: una perspectiva arqueológica

Climate Change and the Anthropocene: an Archaeological Perspective

El clima ha sido y continúa siendo un elemento importante o fundamental del medio ambiente. La evolución de nuestro planeta Tierra no puede ser comprendida sin considerar el clima y las maneras en las cuales ha cambiado a lo largo de millones de años, ya sea de forma rápida (décadas), o bien, de manera más prolongada. Por lo tanto, el cambio climático debe ser entendido como un elemento natural de nuestro planeta que constantemente reorganiza —por ejemplo— temperatura, precipitación pluvial, circulación y química atmosféricas en diferentes regiones del globo terráqueo y a lo largo del tiempo (Mayewski y White, 2002).

El cambio climático no representa una amenaza para el planeta Tierra ya que una comprensión diacrónica y sincrónica de su accionar moldeando medios ambientes específicos a lo largo de millones de años permitió las condiciones idóneas, por ejemplo, para la aparición de las siete especies que integran el género *Homo* (*H. erectus*, *H. habilis*, *H. ergaster*, *H. heidelbergensis*, *H. neandertalensis*, *H. denisova*, *H. sapiens sapiens*) durante el Pleistoceno (1 800 000-12 000 años antes del presente; ver Arsuaga y Martínez, 2011; Higham, 2021). Estas especies de *Homo* ocuparon de manera exitosa distintos ambientes del Viejo y Nuevo Mundo mediante movimientos migratorios (Bar-Yosef y Belfer-Cohen, 2013; Higham, 2021). Los diversos ambientes proporcionaron a esas especies de *Homo* los elementos biofísicos necesarios para establecer diferentes tipos de relaciones con los elementos naturales propios que definen o caracterizan un territorio y ello permitió el desarrollo y sobrevivencia de esas especies (Higham, 2021).

La especie de *Homo sapiens sapiens* es la única que ha existido sobre la faz del planeta Tierra en los últimos 30 000 años ya que las otras especies

Postulado: 30.06.2022
Aceptado: 06.03.2023

* Facultad de Ciencias Antropológicas, Universidad Autónoma de Yucatán. Correo electrónico: <rachcobos@aol.com>.

de *Homo* se extinguieron antes de esta fecha. Hace aproximadamente 12 000 años, miembros de la especie *Homo sapiens sapiens* establecieron asentamientos sedentarios y desarrollaron la agricultura tanto en el Viejo como en el Nuevo Mundo durante el Holoceno (Straus *et al.*, 1996). La aparición de la agricultura permitió que ocurrieran los complejos procesos de civilización y urbanismo en distintas regiones de los hemisferios norte y sur. El primer proceso se caracteriza por las actividades que llevan a cabo las personas y que se relacionan con un incremento de la población y la diferenciación económica; el segundo proceso incluye el desarrollo de instituciones como la ciudad y el Estado (Creekmore y Fisher, 2014; Service, 1975; Whitehouse y Wilkins, 1986).

El planeta Tierra ha sido testigo de los distintos procesos de civilización y urbanismo que han ocurrido en repetidas ocasiones durante varios milenios; autores como Gillings y Paulsen (2014) reconocen que el Holoceno traslapa o es contemporáneo con la época denominada Paleolítico. Si esta época es cronológicamente contemporánea al Holoceno, la pregunta lógica es: ¿cuándo concluyó esta última? Para autores como Walker *et al.* (2012: 656) el Holoceno se refiere exclusivamente a eventos relacionados con el medio ambiente y el clima que se manifiesta de manera natural, es decir, sin la intervención de los seres humanos. Estos eventos iniciaron hace 12 000 años y concluyeron a finales del siglo XVIII con la Revolución industrial. Gillings y Paulsen (2014: 1), por su parte, son de la opinión de que el Paleolítico se caracteriza por la amplia adopción de la agricultura a nivel mundial, ya que los bosques fueron talados y, al haberse preparado terrenos para el cultivo en numerosas regiones del globo terráqueo, esto dio como resultado la aparición de los gases invernadero producidos por los seres humanos que empezaron a afectar la Tierra desde hace unos 10 000/8 000 años (Gillings y Paulsen, 2014: 1-2, figura 1). Un tercer grupo de estudiosos están de acuerdo en reconocer que el año 1800 marcó el inicio del Antropoceno y en la siguiente sección nos referimos a esta época que tiene poco más de dos siglos de antigüedad.

Antropoceno

El término Antropoceno fue acuñado por el norteamericano Eugene Stoermer en la década de 1980 y el químico holandés Paul Crutzen (2002) lo puso en boca de todos en el año 2000 (Braje 2015; Braje y Erlandson, 2013; Trischler, 2017). De acuerdo a Crutzen (2002: 23), el Antropoceno es una época geológica dominada por los seres humanos quienes, por sus actividades como —por ejemplo— la industrialización, la agricultura, el urbanismo, han generado dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄) de manera excesiva. Estos dos gases de efecto invernadero han alterado la composición química atmosférica de nuestro planeta y se estima que su presencia se ha incrementado en un 30 % (CO₂) y 145 % (CH₄) respectivamente desde antes de la etapa de la industrialización (Crutzen, 2006: 15; Mayewski y White, 2002: 183-184).

El Antropoceno es un intervalo de tiempo geológico caracterizado como el periodo en el cual las actividades colectivas de *Homo sapiens sapiens* están sustancialmente alterando la superficie, atmósfera, océanos y sistemas relacionados con los ciclos de nutrientes de la Tierra (Braje, 2015; Braje y Erlandson, 2013; Foley *et al.*, 2013; Mayewski y White, 2002; Ruddiman *et al.*, 2015; Steffen *et al.*, 2007; Steffen *et al.*, 2015; Trischler, 2017; Zalasiewicz *et al.*, 2010; Zalasiewicz *et al.*, 2015). Sin lugar a dudas, los seres humanos somos hoy día la fuerza más poderosa desde el punto de vista ecológico y evolucionista del planeta (Cooper *et al.*, 2018). Además, la participación decidida de *Homo sapiens sapiens* alterando el clima también podría dar como resultado un impacto en todos los seres vivos al producir una significativa selección natural en los procesos evolutivos de diferentes especies (Gillings y Paulsen, 2014: 2).

Desde el inicio del Antropoceno en el año 1800 se reconocen dos fases importantes: la “Revolución industrial” y la “Gran Aceleración”. La fase “Revolución industrial” inició en el año 1800 y concluyó en 1950, y se caracteriza por un aumento significativo de las emisiones de carbón y la degradación del medio ambiente debido a los procesos de industrialización. La fase denominada la “Gran Aceleración”, inició

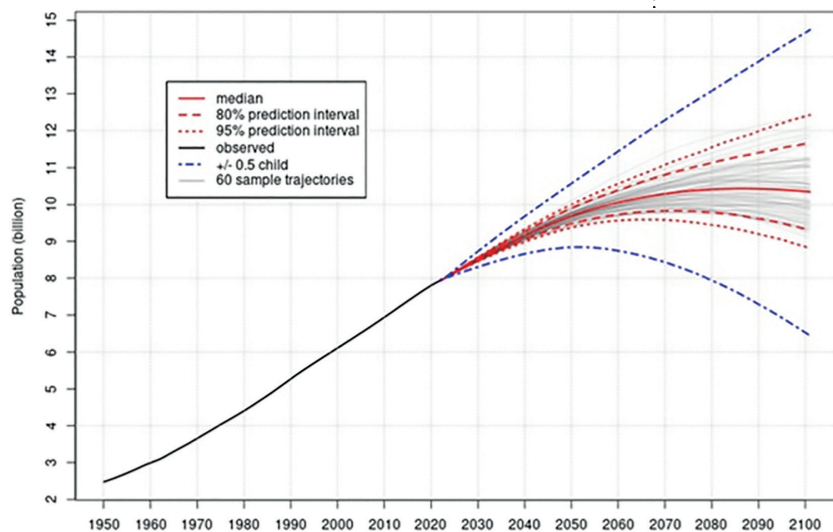


Figura 1. Cuadro que muestra la probable proyección de la población mundial en el siglo xxi. Fuente: División de Población de las Naciones Unidas 2022, <<http://population.un.org/wpp>>.

en el año 1950 y estamos viviendo en esta fase (Gillings y Paulsen, 2014; Steffen *et al.*, 2007; Steffen *et al.*, 2015; Zalasiewicz *et al.*, 2015). La fase de la “Gran Aceleración” se caracteriza por cuatro rasgos: *a)* un rápido y exponencial crecimiento poblacional; *b)* un consumo masivo de recursos como nunca se había visto en la historia de *Homo sapiens sapiens*; *c)* un exagerado uso de energía, y *d)* una acelerada y masiva contaminación de nuestro planeta Tierra (Gillings y Paulsen, 2014: 1-2).

En referencia a los rasgos que definen la fase de la “Gran Aceleración”, bien vale la pena agregar algunos datos más para su mejor entendimiento. Respecto al rápido y exponencial crecimiento poblacional, la División de Población de las Naciones Unidas (2022; ver figura 1) estima que la población mundial superará los 10 000 millones de personas en los próximos 30 años y la preferencia en cuanto a residencia de esta enorme población muy probablemente será en ciudades y no tanto en el campo. De hecho, se estima que entre un 55 % y 60 % de la población mundial vive hoy día en ciudades y, para el año 2050, casi dos tercios (= 70 %) de esta población vivirá en distintas urbes del planeta Tierra.

En cuanto al segundo rasgo, el desarrollo de nuevas tecnologías, ideologías y organizaciones industriales/sociales están orientadas hacia un consumo

masivo y constante de bienes (Majewski y Schiffer, 2009: 192). De acuerdo con Mullins (2011: 135), el consumo “revolves around the acquisition of things to confirm, display, accent, mask, and imagine who we are and who we wish to be”. Sin lugar a dudas, el comportamiento socioeconómico consumista de la numerosa población que habita nuestro planeta constantemente reafirma patrones sociales y culturales de identidad y membresía de grupo utilizando la enorme cantidad de objetos materiales que se producen masivamente día con día.

Referente a la enorme dependencia que existe entre los humanos y el uso exagerado de energía, los combustibles

derivados de fósiles han producido grandes emisiones de partículas que contaminan el aire. Además, esa quema, que ocurre a nivel mundial, produce dióxido de azufre (SO₂) que “has led to acidification of precipitation and lakes, causing forest damage nad fish death in biologically sensitive regions” (Crutzen, 2006: 14).

Con respecto a la acelerada y masiva contaminación del planeta Tierra, Jarrige y Le Roux (2017) argumentan que el gran desarrollo industrial fechado desde la segunda mitad del siglo XVIII ha estado acompañado de una contaminación también industrial. Estos autores muestran cómo los pesticidas y fertilizantes, el derrame de aceite, los productos plásticos y las emisiones de carburantes como el diésel son agentes altamente contaminantes y han “dejado su sello particular” tanto en el aire como en el agua.

Los cuatro rasgos definidos para la “Gran Aceleración” también fueron empleados por Crutzen (2006) como guía para darnos las siguientes cifras. Por ejemplo, se estima que en los últimos tres siglos la población de *Homo sapiens sapiens* alcanzó los 6 000 millones de habitantes; un estimado número de cabezas de ganado sugiere que hay 1 400 millones de miembros pertenecientes a la especie de ganado bovino; durante el siglo XX, los procesos de urbaniza-

ción se incrementaron 13 veces en promedio a nivel mundial; la producción industrial creció en promedio 40 veces; se estima que más de 50 % del agua de la Tierra es consumida por los miembros de nuestra especie (Crutzen, 2006: 14-15, tabla 1.1.1). Cabe indicar que en noviembre de 2022 nació Damián en la maternidad de la Altagracia en Santo Domingo, República Dominicana, y fue el habitante número 8000 millones del planeta Tierra de acuerdo con lo reportado por el Fondo de Población de las Naciones Unidas.

Rockström *et al.* (2014), por su parte, ven con preocupación la fase de la “Gran Aceleración” y esto les ha hecho plantear cinco puntos que son muy precisos e incluyen lo necesario, lo posible y lo deseable. En las siguientes líneas se explican tales puntos.

1. El bienestar humano está en riesgo considerando el cambio climático

Un clima estable ha permitido el desarrollo de las civilizaciones humanas a lo largo de la historia, aunque esa estabilidad está seriamente amenazada por las abrumadoras actividades contaminantes resultado de las acciones de *Homo sapiens sapiens* en la fase de la “Gran Aceleración”. Rockström *et al.* (2014: 607) demandan acciones más colaborativas ya que, de otro modo, “our shared Earth system may not be able to sustainably support a large proportion of humanity” a mediados del siglo XXI cuando la población sobrepase los 9 000 o 10 000 millones de habitantes.

2. Científicos hablando con una sola voz

Las emisiones actuales de CO₂ pueden hacer que la temperatura de nuestro planeta se incremente en un futuro cercano hasta cuatro grados centígrados por arriba de las condiciones del clima antes de la fase de la “Revolución industrial” (Rockström *et al.*, 2014: 607). De hecho, la temperatura de la Tierra no debe de exceder los dos grados centígrados en esta primera mitad del siglo XXI ya que, de otro modo, enfrentaremos “considerable risks with potentially

serious impacts” como serían —por ejemplo— la falta de agua potable, una reducida producción de alimentos para ser consumida por una enorme población, pandemias de alto riesgo, un incremento significativo de los niveles del agua del mar (Rockström *et al.*, 2014: 607).

Rockström *et al.* (2014: 608) estiman que, al ritmo que la humanidad avanza en la fase de la “Gran Aceleración”, durante la segunda mitad del siglo XXI excederemos los dos grados centígrados, aun reduciendo las emisiones de CO₂ en un 60 %; por tanto, se necesitan acciones sociales, políticas y económicas más determinantes (¿y radicales?) para evitar exceder la cifra de dos grados centígrados.

3. El reto de la sociedad global y sus líderes políticos

El reto de la sociedad global es reducir significativamente las emisiones de dióxido de carbono y, para alcanzar el objetivo, la tecnología puede ser un elemento determinante. Si utilizamos la tecnología disponible del siglo XXI para producir energías limpias, esto representaría un “sustainable human well-being within the safe operating space of a stable environment” (Rockström *et al.*, 2014: 608).

4. Una transformación global es necesaria y posible

Continuar dependiendo de combustibles fósiles representa seguir con el mismo modelo de desarrollo económico que se traduce en contaminación y, eventualmente, un acelerado cambio climático tendiente al calentamiento global arriba de cuatro grados centígrados. Rockström *et al.* (2014) sugieren que no solamente debemos ser capaces de mitigar el cambio climático reduciendo significativamente las emisiones de carbono, también debemos proteger la resiliencia de la biósfera para poder mantener “the huge carbon sink in the oceans (which absorb ~25% of anthropogenic CO₂ emissions) and land-based ecosystems (which take up another ~25 % of CO₂ emissions)” (Rockström *et al.*, 2014: 609).

5. Lo deseable

De acuerdo a Rockström *et al.* (2014: 610), lo deseable es una “transition to a low-carbon economy”, además de que habrá que priorizar o favorecer sistemas de energía modernos y baratos. Si se logra llegar a esta meta, se podría reducir o evitar durante la segunda mitad de siglo XXI el altísimo riesgo global de sociedades inseguras, inestables y que colapsan con su economía, gobierno y extensas poblaciones en un mundo presionado por adversas condiciones climáticas.

Si lo referido en el párrafo inmediato superior llegara a ocurrir, es decir, el colapso y eventual fin de la civilización, esto no sería nada novedoso en la vida de *Homo sapiens sapiens* ya que existen abundantes ejemplos en el Viejo y Nuevo Mundo fechados para el Holoceno/Paleoantropoceno. La cuantiosa evidencia arqueológica revela que numerosas civilizaciones, con sus complejos sistemas culturales y sociales, colapsaron precisamente por condiciones ambientales adversas como fue el cambio climático. Por tanto, en este trabajo vale la pena centrar nuestra atención en la evidencia material de algunas de aquellas antiguas civilizaciones.

La evidencia arqueológica

¿Podemos aprender algo de la arqueología y datos fechados en el Holoceno/Paleoantropoceno de civilizaciones que desaparecieron o colapsaron como resultado del cambio climático? La respuesta a esta pregunta es un contundente sí. Desde una perspectiva arqueológica, el pasado nos sirve para decir algo sobre el futuro y lo primero que surge es que el pasado ahí quedó con sus muertos y sociedades desaparecidas. El propósito de la arqueología es que nos diga algo útil, vital para nuestra sobrevivencia a corto y mediano plazo y también para la sobrevivencia de la especie *Homo sapiens sapiens* a largo plazo (Braje *et al.*, 2014; Lane, 2015).

Una revisión de la literatura arqueológica mundial—sin llegar a ser exhaustiva en este trabajo— revela que el cambio climático representa en la actualidad

un componente importante en la explicación de colapsos o el fin de civilizaciones y ciudades del periodo preindustrial. Sin caer en explicaciones vistas como extremadamente simplistas, o bien, excesivamente deterministas, los resultados de investigaciones arqueológicas realizadas en distintas regiones del mundo y con periodos cronológicos diferentes coinciden en señalar que el cambio climático fue la causa principal del colapso en ciertas regiones y sitios del Viejo y Nuevo Mundo (Benson *et al.*, 2009; Buckley *et al.*, 2010; Butzer, 2012; Carolin *et al.*, 2019; Cobos, 2018; Cobos *et al.*, 2014; Cookson *et al.*, 2019; Menocal, 2001; Fletcher *et al.*, 2017; Hoggarth *et al.*, 2017; Kennett y Hodell, 2019; Kennett y Marwan, 2015; Kuzucuoğlu, 2012, 2015; Kuzucuoğlu y Tsirtsoni, 2015; Meeks y Anderson, 2013; Robbins y Blevins, 2016; Sinha *et al.*, 2019; Weiss, 2017).

Rasgos arqueológicos aunados a la evidencia demográfica, sociopolítica, arqueobotánica, geoarqueológica y dietética reportada en el Viejo Mundo (Capadocia en el centro de Turquía, norte de Mesopotamia [Siria y Anatolia del este], centro-oeste de India, Emiratos Árabes Unidos, Angkor en Camboya) y Nuevo Mundo (la región cultural Mississippi de los Estados Unidos, área maya en el sureste de México, norte de Guatemala y Belice; ver figura 2), muestran elementos que son propios o característicos de regiones o asentamientos que sufrieron un colapso como resultado del cambio climático. Esos rasgos fueron tomados en cuenta para mostrar las transformaciones ocurridas en aquellas regiones o sitios ubicados en el hemisferio norte que albergaron civilizaciones.

Cabe indicar que no se incluyeron ejemplos de otras regiones del hemisferio norte (como, por ejemplo, China) o del hemisferio sur (zona Andina) debido que con ello se excedería la extensión de este manuscrito según las normas de la revista en la que se publica. Además, el autor del presente documento favorece mostrar, en las secciones tituladas “Antropoceno” y “¿Qué sugiere la evidencia arqueológica?”, que la arqueología puede (y debe) servir como una ciencia más que aporte valiosa información para enfrentar los nuevos retos de sobrevivencia, adaptación, convivencia social, acceso al agua potable, recursos

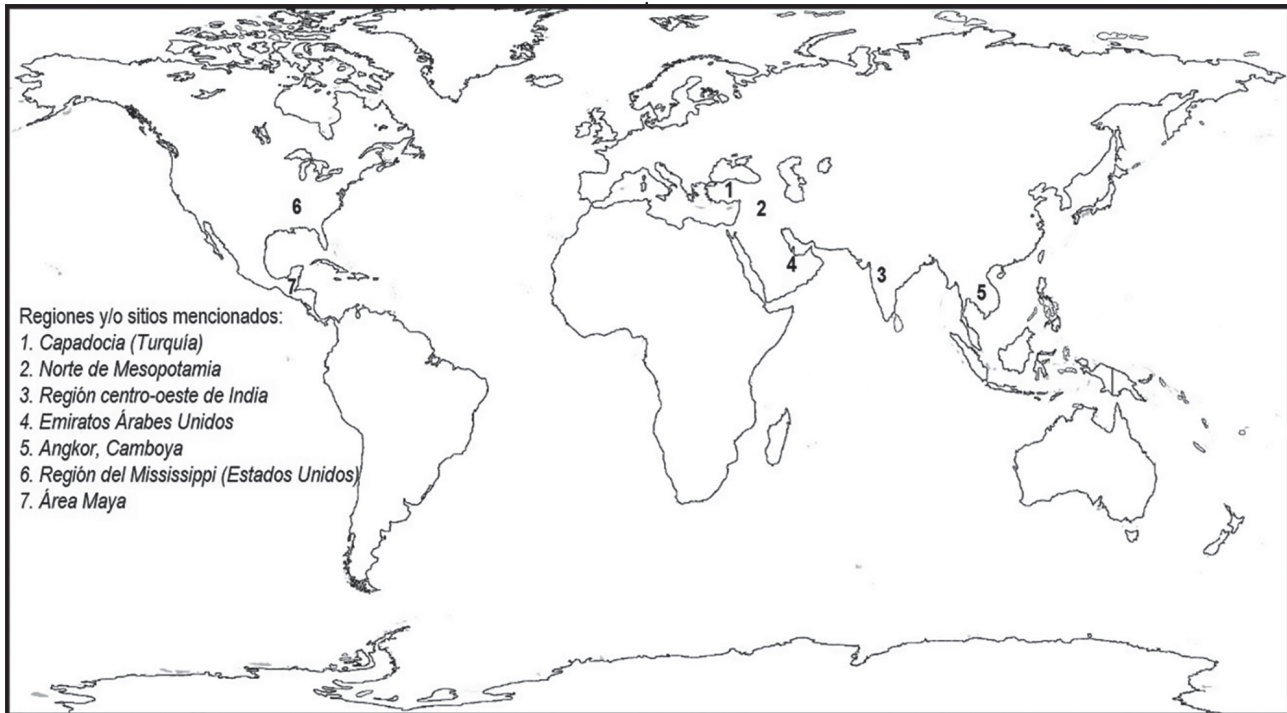


Figura 2. Ubicación de los sitios o regiones referidas en el texto

alimenticios, etcétera, que nosotros mismos y el planeta Tierra enfrentamos en pleno siglo XXI, es decir, hoy día y a muy corto plazo. A continuación, se comenta sobre esos asentamientos ubicados en el Viejo y Nuevo Mundo y que han sido ampliamente documentados arqueológicamente.

Capadocia, centro de Turquía

Una sequía extrema ocurrió en Anatolia entre los años 1300/1250 a. C. y 1100/950 a. C., momento que coincidió con la existencia del Imperio Hitita 1320 a. C.-1170 a. C. (Kuzucuoğlu, 2015; Weiss, 2017). Datos climáticos derivados de registros regionales y locales, así como información arqueológica e histórica, sugieren que el Imperio Hitita surgió y tuvo su apogeo entre los años 1600 a. C. y 1200 a. C. (Bryce, 2005; Weeden, 2022), sin embargo, su colapso ocurrió de manera muy rápida (dos décadas) entre 1190 a. C. y 1170 a. C. (Bryce, 2005: 327-356; Kuzucuoğlu, 2015: 18-19, 31-37). A partir del año 1250 a. C. y durante los siguientes 150 años, los registros climáticos del centro de Anatolia revelan una prolongada e in-

tensa sequía que llegó a su máxima manifestación alrededor de 1110/1050 a. C.

De acuerdo a Kuzucuoğlu (2015: 32), documentos escritos consistentes en cartas que envió el soberano Hitita al faraón en Egipto, demandaban la importación urgente de granos ya que en Capadocia acontecía una intensa sequía. El abastecimiento de granos del Imperio Hitita requirió un flujo constante, de otro modo, una cesantía o interrupción de este abastecimiento hubiera causado “a crisis of major proportions” (Bryce, 2005: 341). Aparentemente, aquella crisis ocurrió y se combinó con otros factores como la guerra, la inestabilidad política y la invasión/llegada de grupos ajenos a la región de Capadocia (Bryce, 2005: 340-346; Kuzucuoğlu, 2015: 34-37),

Norte de Mesopotamia

Entre 2600 a. C. y 2500 a. C., el norte de Mesopotamia experimentó un incremento en la urbanización y el surgimiento de sociedades complejas. Esta revolución urbana se atribuye, por lo menos, a la producción de un excedente agrícola que permitió la movilización

ción de mano de obra y la especialización artesanal (Frahm y Feinberg, 2013). Entre 2200 a.C. y 2000 a.C., se produjo el cambio entre la Edad temprana del Bronce y la Edad media del Bronce en el norte de Mesopotamia. Ese cambio ha recibido especial atención por la ocurrencia de aridez, por el cese de los procesos de urbanización y por el fin del imperio Acadio. A tal cambio se le conoce como el “Colapso del Tercer Milenio” o “crisis” (Carolin *et al.*, 2019; Cookson *et al.*, 2019; Menocal, 2001; Frahm y Feinberg, 2013).

Las perturbaciones causadas por el clima en el norte de Mesopotamia entre la Edad temprana y la Edad media del Bronce han sido explicadas por dos hipótesis. La primera sugiere que las sequías ocurrieron de manera suprarregional en la zona. Segundo, las sequías estaban claramente localizadas en ciertas áreas y ocurrieron varias veces al año o durante décadas, lo cual disminuyó la producción agrícola. Sin importar la causa o causas, los registros arqueobotánicos, de isótopos estables y evidencia de micro-morfología de suelos sugieren una disminución en las lluvias hasta en un tercio. El “Colapso del Tercer Milenio” o “crisis” no parece haber causado un despoblamiento regional extremo en la región norte de Mesopotamia ya que hallazgos subsecuentes en esta región indican que, si bien la crisis fue amplia, el grado de desurbanización fue variable y asentamientos dispersos sobrevivieron, aunque muy reducidos en tamaño y población (Carolin *et al.*, 2019; Cookson *et al.*, 2019; Frahm y Feinberg, 2013).

Región centro-oeste de la India

En la región central-oeste de la India, estudios arqueológicos indican que inició un periodo de sequía en el año 1500 a.C. y continuó por varios siglos hasta el fin de la fase tardía Jorwe (700 a.C.). Ese periodo de sequía inició un siglo antes de la fase temprana Jorwe (1400 a.C.-1000 a.C.), fase en la que floreció aquella región (Robbins 2011). En la fase temprana hubo un aumento de la población, una relativa prosperidad económica y la construcción de grandes casas rectangulares. La fase tardía Jorwe (1000 a.C.-700 a.C.), se caracteriza por una disminución gradual y constante

de la población debido a la continua presencia de sequías y la acidez de los suelos, dando como resultado el abandono de numerosos asentamientos (Robbins, 2011). Además, en la fase tardía la población del centro-oeste de la India ya no construyó grandes casas rectangulares y, en su lugar, se edificaron casas redondas y pequeñas; partes o secciones de las casas de la fase temprana Jorwe se reutilizaron durante la fase tardía como almacenes y para depositar a sus muertos (Robbins, 2011: 48-60).

Los restos esqueléticos analizados de Inamgaon, un asentamiento ubicado en la parte centro-oeste de la India que albergó alrededor de 5000 personas durante su apogeo, fechado entre los años 1500 y 1000 a.C. (fase temprana Jorwe), revela que la población aumentó rápidamente, y su dieta se basaba en la agricultura y la cría de ganado. Ante el cambio de las condiciones climáticas hacia un ambiente más seco y árido durante la fase temprana Jorwe, los habitantes de Inamgaon se volvieron más dependientes en una agricultura que se basó en plantar granos de cebada que resistieron la aridez y la sequía. Durante la fase tardía Jorwe (1000 a.C.-700 a.C.), cuando el clima era extremadamente seco, los habitantes de Inamgaon basaron su dieta en el consumo de ovejas y cabras, almejas de agua dulce y jujube-indú sumados a la ingestión de productos derivados de granos de cebada; en la fase tardía Jorwe predominó el pastoreo de cabras y ovejas, la caza y recolección, actividades muy distintas a las reportadas para el periodo anterior (Robbins, 2011: 48-60).

Emiratos Árabes Unidos

En la península de Omán se reporta un gran deterioro climático con numerosas sequías a finales del tercer milenio (2200 a.C.), lo que impactó el territorio conocido hoy día como Emiratos Árabes Unidos y dio como resultado transformaciones sociales, culturales y económicas de las comunidades que ocupaban esta región (Gregoricka, 2016). Datos recobrados de Shimal, una comunidad ubicada cerca de la costa norte de los Emiratos Árabes Unidos, sugieren que durante el periodo Umm an-Nar (2700 a.C.-2000

a. C.) Shimal tuvo su apogeo, los habitantes enterraban a sus muertos en monumentales tumbas circulares que contenían cientos de individuos, participaban de una extensa red de intercambio que incluía Arabia, Mesopotamia y el valle del Indo; sin embargo, durante el periodo Wadi Suq (2000 a. C.-1300 a. C.), y con la presencia de sequías extremas recurrentes, la población de Shimal se redujo significativamente y los muertos eran enterrados en un montón de piedras apiladas de forma ovoide y semisubterráneas con espacio para un número mucho menor de individuos. Además, el intercambio regional se colapsó y cesó (Gregoricka, 2016).

Las sequías registradas en Shimal a finales del tercer milenio a. C. produjeron transformaciones claramente distinguibles en los restos esqueléticos de sus antiguos pobladores. Durante el periodo Umm an-Nar (2700 a. C.-2000 a. C.), los habitantes de Shimal eran sedentarios y su alimentación se basó en el consumo de recursos terrestres y la horticultura de palmas practicada en numerosos oasis. En el siguiente periodo, conocido como Wadi Suq (2000 a. C.-1300 a. C.), la población de Shimal dependió más bien del pastoreo y de la recolección de productos costeros (Gregoricka, 2016), es decir, hubo un cambio en la dieta para adaptarse a un clima seco.

Angkor, Camboya

Nuevos estudios enfocados a documentar el colapso de Angkor revelan numerosos episodios de sequía y monzones menos fuertes durante el siglo XIV. De hecho, el colapso de Angkor se fecha a inicios del siglo XV, cuando ocurrieron las sequías más severas y en tiempos de la transición entre el periodo de la Anomalía Climática Medieval (800 d. C.) a la Pequeña Edad del Hielo (1200/1300 d. C.), documentada mundialmente (Buckley *et al.*, 2010: 6748-6749; Fagan, 2008: 35-58; Fletcher *et al.*, 2017).

El complejo urbano Gran Angkor fue el asiento del poder político del reino Khmer, cuyo elaborado sistema agrícola dependió de las lluvias traídas por monzones (Buckley *et al.*, 2010: 6748; Carter *et al.*, 2018; Carter *et al.*, 2019). Además, aquellas lluvias inunda-

ron las tierras bajas de Camboya, incluyendo toda la infraestructura hidráulica desarrollada de manera eficiente para propósitos agrícolas y políticos en un área aproximada de 1000 km²; sin embargo, los prolongados periodos de sequía, aunados a episodios de intensas lluvias e inundaciones por monzones a finales del siglo XIV y principios del siglo XV dañaron esa infraestructura hidráulica en momentos cuando la producción agrícola se había reducido de manera significativa debido a las constantes sequías (Buckley *et al.*, 2010; Carter *et al.*, 2018; Carter *et al.*, 2019; Penny *et al.*, 2019).

Algunos años después del colapso de Angkor, miembros de la sociedad Khmer respondieron al estrés ambiental que oscilaba entre lo extremadamente seco y lo considerablemente húmedo al haber reubicado una nueva sede política en Phnom Penh. Este centro fue establecido en la región de Quatre Bras en el siglo XV y se prefirieron las actividades de intercambio comercial en vez de las actividades agrícolas de tierra dentro (Buckley *et al.*, 2010: 6750). De acuerdo a Buckley *et al.* (2010: 6750), el estrés ambiental causado por inundaciones y sequías estuvo relacionado también con estrés económico, geopolítico y de infraestructura, todo ello provocó que Angkor fuera “vulnerable to climate change and limited its capacity to adapt to changing circumstances”.

Región del Mississippi

En esta área, que incluye partes de los estados de Mississippi, Ohio y Tennessee en los Estados Unidos, los cacicazgos se colapsaron desde el siglo XI hasta el siglo XVII, sin un subsecuente o rápido resurgimiento o reemplazo. Esos siete siglos se caracterizan por un descenso en la población que ocupó la región y por el colapso de la complejidad social (Benson *et al.*, 2009; Hally y Chamblee, 2019; Meeks y Anderson, 2013; Raffield, 2021; Tainter, 2019).

Una perspectiva ecológica ha sido utilizada como factor potencial en el abandono de la región. Una serie de sequías recurrentes resultaron en la disminución de la producción de maíz y esto dio como resultado inestabilidad política al debilitar a la autoridad caciquil de la élite mississippiana. Aparentemente, los cacicaz-

gos mississippianos eran en parte dependientes de un excedente agrícola que no solamente sirvió para su subsistencia, más importante aún, para asegurarse contra riesgos de la estructura política a través de la producción de bienes, intercambio, proyectos comunales y rituales (Benson *et al.*, 2009; Meeks y Anderson, 2013).

De acuerdo con la interpretación de datos arqueológicos y fechas de carbono 14, en la región mississippiana se han identificado cuatro episodios de sequías recurrentes fechados entre 1288 d.C. y 1492 d.C. En un poco más de dos siglos, los prolongados episodios de sequía redujeron rápidamente las reservas de alimento amenazando la estabilidad de los cacicazgos al limitar el excedente que las élites necesitaban para sustentar su propia autoridad. Ante la falta de un excedente agrícola, los líderes de los diferentes cacicazgos debieron de haber enfrentado situaciones sociales difíciles, ya que no pudieron contar con ese excedente agrícola que utilizaron como moneda de cambio en las arenas sociales, ideológicas y políticas de la sociedad. El líder ya no pudo llevar a cabo sus tareas específicas para y ante la sociedad, y ello indicaba cambios en el escenario social y político de la comunidad (Benson *et al.*, 2009; Meeks y Anderson, 2013).

Área maya

Las tierras bajas mayas de la península de Yucatán en el sureste de México también fueron afectadas por el cambio climático (Akers *et al.*, 2016; Hoggarth *et al.*, 2017; Islebe *et al.*, 2018; Kennett y Hodell, 2017; Medina *et al.*, 2010). Los asentamientos ubicados en la península experimentaron un colapso y los rasgos que lo demuestran son similares a los reportados y documentados en antiguos asentamientos del Viejo y Nuevo Mundo. De hecho, restos arqueológicos hallados en Uxmal y Chichén Itzá —dos ciudades que florecieron entre 900-1100 d.C.— sugieren que, para el siglo XI, ambas urbes enfrentaron lo siguiente: el fin de sus secuencias cerámicas y constructivas relacionadas con arquitectura monumental y grandes complejos arquitectónicos; desaparición de la élite y jerarquía social dominante; el abandono total (Uxmal), o una

drástica reducción de la población (Chichén Itzá); cesantía de las actividades económicas de intercambio a larga distancia (Cobos *et al.*, 2014).

El fin de la vida civilizada tanto en Chichén Itzá como Uxmal se atribuye al cambio climático, que causó una reducción de la precipitación pluvial estimada entre el 36 % y 52 %, así como a las prolongadas y recurrentes sequías que afectaron la península de Yucatán desde por lo menos la segunda mitad del siglo IX hasta finales del siglo XI (Akers *et al.*, 2016; Cobos, 2018; Cobos *et al.*, 2014; Hoggarth *et al.*, 2017; Kennett y Hodell, 2017; Medina *et al.*, 2010). La falta de lluvia, así como los prolongados y repetidos periodos de sequía fueron más severos durante los siglos X-XI, lo cual ocasionó el fin del urbanismo y la civilización en algún momento del año 1100 d.C. de una sociedad eminentemente agrícola (Anda *et al.*, 2016; Cobos, 2018; Cobos *et al.*, 2014; Kennett *et al.*, 2012; Mansell *et al.*, 2006). Al igual que lo reportado en el norte de Mesopotamia y el centro-oeste de la India en cuanto a procesos de urbanización, en el caso de Uxmal y Chichén Itzá este proceso inició entre los siglos VIII y IX, e interesantemente coincidió con el periodo de sequía extrema identificada como la Anomalía Climática Medieval, ampliamente documentada en Europa y otras partes del mundo (Fagan, 2008: 35-58).

A la evidencia arqueológica del área maya se integran también resultados de análisis practicados en restos esqueléticos de individuos hallados en Piedras Negras, Guatemala, y en Minanha, Belice (Scherer, 2017; Williams *et al.*, 2017). Isótopos estables de nitrógeno y carbón fueron utilizados para analizar el esmalte, dentina y huesos; los resultados muestran datos interesantes sobre la paleodieta de los periodos Clásico tardío (600 d.C.-800 d.C.) y Clásico terminal (800 d.C.-1100 d.C.) de dos sitios de las tierras bajas mayas.

Los análisis de Piedras Negras muestran una homogeneidad en cuanto a la dieta de la fase Yaxché del periodo Clásico tardío (625 d.C.-750 d.C.), según se deriva de los valores de los isótopos de Nitrógeno¹⁵ (δN^{15}) y Carbono¹³ (δC^{13}), en otras palabras, los residentes de Piedras Negras basaron su dieta en la ingestión tanto de maíz como de carne obtenida de animales terrestres (Scherer, 2017: 141). Durante la

siguiente fase, denominada Chacalhaaz (750 d.C.-825 d.C.), el cambio de valores de nitrógeno y carbono sugieren un mayor consumo de carne y una reducción significativa en el consumo de maíz (Scherer, 2017: 142). De acuerdo con Scherer (2017: 141-142) el cambio de dieta produjo un rompimiento en el sistema de producción de alimentos, aunque se desconoce la causa o causas que lo provocaron.

Un periodo de sequías fechados entre 750 d.C. y 1175 d.C. ha sido identificado en el sitio de Minanha en Belice. De hecho, la interpretación de datos paleoambientales y arqueológicos sugieren un alto consumo de maíz hasta alrededor del siglo VIII; sin embargo, a partir del siglo IX, este consumo se redujo significativamente (Williams *et al.*, 2017: 281). Aparentemente, una posible respuesta alimenticia de la población residente de Minanha es que pudieron haber consumido yuca (*Manihot esculenta* o *Cassava manioc*) en tiempos de la sequía extrema ya que es muy resistente a ambientes áridos (Williams *et al.*, 2017: 281-282).

¿Qué sugiere la evidencia arqueológica?

Con base en datos arqueológicos, restos esqueléticos, arqueobotánica y del clima hallados en el centro de Anatolia, norte de Mesopotamia, el centro-oeste de India, Emiratos Árabes Unidos, Angkor, la región del Mississippi y el área maya, ¿qué nos sugiere la interpretación arqueológica en momentos cuando ocurrió el colapso debido al cambio climático? Considero que la evidencia arqueológica revela siete importantes aspectos que se enlistan a continuación.

Primero, desde una perspectiva arqueológica, se nota: *a)* la discontinuidad en las secuencias cerámicas de los asentamientos y regiones, y *b)* el cese constructivo de la arquitectura tanto monumental-pública como administrativa.

Segundo, desde una perspectiva demográfica destaca: *a)* la drástica reducción de la población, y *b)* el abandono o despoblamiento de ciudades.

Tercero, desde una perspectiva sociopolítica sobresalen: *a)* la desaparición de la élite y jerarquía social dominante; *b)* desaparición de la complejidad social; *c)* la producción de granos estaba dirigida para el auto-

consumo exclusivo de una población muy reducida en tamaño, *d)* los gobiernos ya no tuvieron control político y eventualmente desaparecieron, y *e)* el intercambio a larga distancia fue prácticamente inexistente.

Cuarto, desde la perspectiva arqueobotánica despuntan dos aspectos: *a)* diferentes prácticas de manejo agrícola, y *b)* diferencias en el uso de semillas empleadas en la agricultura. Ambos aspectos representaron una respuesta alimenticia para adaptarse a las situaciones de estrés ambiental causadas por el cambio climático.

Quinto, desde la perspectiva del cambio climático sobresalen dos aspectos: *a)* reducción drástica de la precipitación pluvial, y *b)* recurrentes y prolongadas sequías con duración de más de medio siglo.

Sexto, en cuanto a restos esqueléticos humanos, las proporciones de isótopos estables de carbono y nitrógeno recobrados en sitios del Viejo (¿y Nuevo?) Mundo revela que poblaciones respondieron de manera activa y consciente a los episodios de estrés climático cuando se presentaron sequías extremas. Esas respuestas incluyeron: *a)* innovaciones para combatir la escasez de recursos, y *b)* cambios y ajustes en la dieta para ser más eficientes y evitar episodios de hambruna e incertidumbre alimenticia que pudieran haber causado un detrimento en el grupo social (Sandias y Müldner, 2015).

Séptimo, la evidencia arqueológica también revela que los procesos de urbanización, florecimiento y apogeo de comunidades del Holoceno/Paleoantropoceno ocurrió más rápido que el cambio climático que produjo extensas y prolongadas sequías. Cabe destacar que los procesos de civilización, urbanismo y aparición de ciudades fueron contemporáneos al cambio climático y no son mutuamente excluyentes entre sí, en otras palabras, la complejidad social, existencia de ciudades e imperios pueden ocurrir justo cuando el clima vive una situación de estrés extremo.

Resulta interesante que la revisión de datos arqueológicos en siete regiones del planeta, destaquen algunos rasgos o elementos que son familiares a nuestra condición de vida de hoy día en pleno siglo XXI, es decir, sobrepoblación, cambio climático y el inicio de la búsqueda de soluciones para evitar la escasez de recursos

y prácticas agrícolas más eficientes para evitar hambrunas. Arqueólogos como Boivin y Crowther (2021; ver también Burke *et al.*, 2021; Kennett y Marwan, 2015) han “echado la mano a la caja del pasado”, para precisamente apoyar con respuestas y brindar soluciones al cambio climático que ha acompañado a los seres humanos, particularmente en los últimos 10 000/8 000 años. De hecho, cabe destacar la aportación de Boivin y Crowther (2021: 273-279) y sus siete soluciones ambientales relacionadas con el conocimiento tanto moderno como del pasado y que se enlistan a continuación.

- 1) Especialistas en arqueología pueden tener un papel más activo en apoyar tanto la biodiversidad como los esfuerzos de conservación desde un punto de vista ecológico.
- 2) Si bien el efecto invernadero es el resultado directo tanto del uso de fósiles de animales y vegetales como combustibles, así como la deforestación de los bosques, resulta importante un manejo eficiente del fuego, sin llegar a amenazar el bienestar y la salud del ser humano, como tampoco degradar la biodiversidad de los ecosistemas.
- 3) El entendimiento y puesta en práctica de antiguas técnicas agrícolas y de acuicultura para diversificar la agricultura que se practica en numerosas regiones de mundo y que está orientada a monocultivos en la fase de la “Gran Aceleración” del Antropoceno.
- 4) Expertos en arqueología pueden contribuir “to exploring the utility of a variety of extant but presently under-cultivated crops, as well as a diverse array of ‘lost crops’ now extinct except in wild form. A key example of the former are millets, naturally drought and heat-tolerant cereals that promoted appreciable levels of resilience in diverse regions of the ancient world, and that could potentially help alleviate ecological degradation, reduce crop risk and increase productivity if returned to wider cultivation today” (Boivin y Crowther, 2021: 277).
- 5) Sostenibilidad del suelo, que considere la acción antrópica en su modificación al mejorar su ca-

pacidad para retener humedad y nutrientes y un alto contenido orgánico, así como la captura y retención de carbono. La sostenibilidad del suelo tiene un enorme potencial tanto para mitigar el cambio climático como beneficios agrícolas.

- 6) La construcción de ciudades sustentables, que consideren una urbanización dispersa con baja densidad y actividades agrícolas intensivas dentro de la ciudad dispersa, como se reporta en el sureste de Asia, Mesoamérica y la región de Amazonas.
- 7) Como hemos visto, el pasado tiene algo que decirnos y debemos considerar y evaluar las respuestas adaptativas que dieron diferentes sociedades del pasado ante situaciones de estrés climático que condujeron a la drástica transformación o cambios sociales (= “colapso”) de numerosas civilizaciones del Viejo y Nuevo Mundo. La enorme cantidad de información que existe en el presente al respecto faculta a las expertas y los expertos en arqueología para que muestren escenarios que fueron reales y explicar de manera detallada las soluciones adaptativas que miembros de antiguas civilizaciones desarrollaron y pusieron en operación para afrontar cambios climáticos.

Conclusión

La rápida revisión arqueológica relativa al cambio climático y su efecto en el colapso de complejas civilizaciones y sus ciudades presentada líneas arriba nos revela varios aspectos estrechamente relacionados con nuestra sociedad del siglo XXI. Sin lugar a duda, resulta interesante destacar las enormes similitudes que existen entre las grandes civilizaciones y la nuestra, ocupando diversos medios ambientes y que enfrentaron —como enfrentamos— serios retos relacionados con el cambio climático. Por otro lado, debemos de tener en cuenta que las civilizaciones y ciudades del Holoceno/Paleoantropoceno afrontaron condiciones climáticas extremas como resultado de procesos naturales del medio ambiente provocado por la Tierra y la intervención del ser humano en los procesos de deforestación y la emisión de los primeros gases in-

vernadero, en vez de las acciones masivas de industrialización que caracterizan a la sociedad moderna desde la segunda mitad del siglo XVIII. De hecho, y de manera abrumadora y acelerada, el dióxido de carbono (CO₂) y el metano (CH₄) continúan alterando la composición química de nuestra atmósfera y ello —hasta el presente— no parece detenerse.

Rockström *et al.* (2014) señalan que el clima estable coadyuvó al desarrollo de las civilizaciones humanas. Rockström *et al.* (2014) tienen razón, pero hasta cierto punto, ya que el desarrollo de civilizaciones y la aparición de ciudades también ocurrió —y ocurre— en ambientes donde el clima se estaba —y se está deteriorando—, en otras palabras, los miembros de la especie *Homo sapiens sapiens* tienen una enorme capacidad adaptativa, aún en las condiciones más severas o adversas.

En la actualidad, al igual que en el Holoceno/Paleoantropoceno, la adaptación es clave para el éxito de la sobrevivencia de nuestra especie y los ejemplos del pasado revelan una actitud consciente para basar la dieta en productos que fueron resistentes a las sequías. Aquí resulta importante recalcar las sugerencias de Boivin y Crowther (2021: 277) en cuanto a que la sociedad del siglo XXI debería explorar la utilidad de adoptar prácticas agrícolas con plantas y árboles que existen en el presente y cuyos cultivos se dejaron de producir, o bien, incluir en dichas prácticas “cultivos perdidos o extraviados” que solamente existen de forma silvestre, aunque han sido documentados arqueológicamente como alimento importante de civilizaciones del pasado.

En cuanto al número de individuos miembros del componente social de antiguas civilizaciones del pasado, resulta evidente que la arqueología muestra que grandes poblaciones del Holoceno/Paleoantropoceno no pudieron mantenerse durante los momentos cuando ocurría un cambio climático extremo. Los datos arqueológicos claramente revelan que la existencia de grandes poblaciones durante el cambio climático extremo fue simple y llanamente insostenible. Quizás alguien de manera más optimista podría rebatir este argumento y la evidencia arqueológica, sin embargo,

parece imposible detener el rápido incremento de la población en los próximos 30 o 50 años.

De manera fría y nada agradable, la evidencia arqueológica anuncia en su crónica histórica el colapso de otra sociedad —al igual que en Capadocia, Mesopotamia, India o el área maya— y no parece que podrá ser evitado o detenido; sin embargo, un destello de optimismo muestra que nuestra sociedad, a diferencia de aquellas que vivieron en el Holoceno/Paleoantropoceno, no tuvieron el enorme conocimiento del pasado y la tecnología supermoderna con la que contamos en pleno siglo XXI. Conocimiento y tecnología son —sin temor a equivocarme— dos elementos claves e importantísimos con los que podremos enfrentar el cambio climático —quizás— de una manera exitosa y con tiempo, mucho tiempo antes de que nuestra propia civilización colapse.

Bibliografía

- AKERS, Pete D., George A. BROOK, L. Bruce RAILSBACK, Fuyuan LIANG, Gyles IANNONE, James W. WEBSTER, Philip P. REEDER, Hai CHENG y R. Lawrence EDWARDS (2016), “An extended and higher-resolution record of climate and land use from stalagmite MC01 from Macal Chasm, Belize, revealing connections between major dry events, overall climate variability, and Maya sociopolitical changes”, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*; núm. 459, pp. 268-288.
- ANDA, Guillermo de, Dante GARCÍA SEDANO y Rafael COBOS (2016), “Arqueología subacuática en un contexto del Clásico terminal: el cenote Holtún de Chichén Itzá”, en *Arqueología en Chichén Itzá, Nuevas Explicaciones*, Mérida, Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán, pp. 255-269.
- ARSUAGA, Juan Luis y Ignacio MARTÍNEZ (2011), *Atapuerca y la evolución humana*, Madrid, Museo de la Evolución Humana y Scientific Films.
- BAR-YOSEF, Ofer y Anna BELFER-COHEN (2013), “Following Pleistocene road signs of human dispersals across Eurasia”, *Quaternary International*, vol. 285, pp. 30-43.
- BENSON, Larry V., Timothy R. PAUKETAT y Edward R. COOK (2009), “Cahokia’s boom and bust in the context of climate change”, *American Antiquity* vol. 74, pp. 467-483.
- BOIVIN, Nicole, y Alison CROWTHER (2021), “Mobilizing the past to shape a better Anthropocene”, *Nature Ecology & Evolution*, vol. 5, pp. 273-284.

- BRAJE, Todd J. (2015), "Earth systems, human agency, and the Anthropocene: Planet earth in the human age", *Journal of Archaeological Research*, vol. 23, núm. 4, DOI: 10.1007/s10814-015-9087-y.
- BRAJE, Todd J., Jon M. ERLANDSON, C. Melvin AIKENS, Tim BEACH, Scott FITZPATRICK, Sara GONZALEZ, Douglas J. KENNETT, Patrick V. KIRCH, Gyoung-Ah LEE, Kent G. LIGHTFOOT, Sarah B. MCCLURE, Lee M. PANICH, Torben C. RICK, Anna C. ROOSEVELT, Tsim D. SCHNEIDER, Bruce SMITH, y Melinda A. ZEDER (2014), "An Anthropocene without archaeology – should we care?", *The SAA Archaeological Record*, vol. 14, núm. 1, pp. 26-29.
- BRAJE, Todd J. y John M. ERLANDSON (2013), "Looking forward, looking back: Humans, anthropogenic change, and the Anthropocene", *Anthropocene*, vol. 4, pp. 116-121.
- BRYCE, Trevor (2005), *The Kingdom of the Hittites*, Oxford, Oxford University Press.
- BUCKLEY, Brendan M., Kevin J. ANCHUKAITIS, Daniel PENNY, Roland FLETCHER, Edward R. COOK, Masaki SANO, Le CANH NAM, Aroonrut WICHENKEEO, Ton THAT MINH, y Truong MAI HONG (2010), "Climate as a contributing factor in the demise of Angkor, Cambodia", *Proceedings of the National Academy of Sciences* vol. 107, pp. 6748-6752.
- BURKE, Ariane, Mathew C. PEROS, Colin D. WREN, Francesco S.R. PAUSATA, Julien RIEL-SALVATORE, Olivier MOINE, Anne de VERNAL, Masa KAGEYAMA y Solène BOISARD (2021), "The archaeology of climate change: the case for cultural diversity", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, recuperado de <<https://doi.org/10.1073/pnas.2108537118>>.
- CAROLIN, Stacy A., Richard T. WALKER, Christopher C. DAY, Vasile ERSEK, R. Alastair SLOAN, Michael W. DEE, Morteza TALEBIAN y Gideon M. HENDERSON (2019), "Precise timing of abrupt increase in dust activity in the Middle East coincident with 4.2 ka social change", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 116, núm. 1, pp. 62-72.
- CARTER, Alison, Piphall HENG, Miriam STARK, Rachna CHHAY y Damian EVANS (2018), "Urbanism and residential patterning in Angkor", *Journal of Field Archaeology*, vol. 43, núm. 6, DOI:10.1080/00934690.2018.1503034.
- CARTER, Alison, Miriam STARK, Seth QUINTUS, Yijie ZHUANG, Piphall HENG y Rachna CHHAY (2019), "Temple occupation and the tempo of collapse at Angkor Wat, Cambodia". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 116, no. 25, pp. 12226-12231.
- COBOS, Rafael (2018), "Colapso, resiliencia y cambio climático en Chichén Itzá, Yucatán", *Arqueología. Memoria del 56º Congreso Internacional de Americanistas*, Salamanca, Ediciones de la Universidad de Salamanca, pp. 625-632.
- COBOS, Rafael, Guillermo de ANDA ALANIZ y Roberto GARCÍA MOLL (2014), "Ancient climate and archaeology: Uxmal, Chichén Itzá, and their collapse at the end of the Terminal Classic period", *The Resilience and Vulnerability of Ancient Landscapes: Transforming Maya Archaeology through IHOPE*, Washington, AAA (Archaeological Papers of the American Anthropological Association, 24), pp. 56-71.
- COOKSON, Evangeline, Daniel J. HILL y Dan LAWRENCE (2019), "Impacts of long term climate change during the collapse of the Akkadian Empire", *Journal of Archaeological Science* vol. 106, pp. 1-9.
- COOPER, Anthony H., Teresa J. BROWN, Simon J. PRICE, Jonathan R. FORD, y Colin N. WATERS (2018), "Humans are the most significant global geomorphological driving force of the 21st century", *The Anthropocene Review*, vol 5, núm. 3, pp. 222-229, recuperado de <<https://doi.org/10.1177/2053019618800234>>.
- CREEKMORE, Andrew T. y Kevin D. FISHER (2004), *Making ancient cities. Space and place in early urban societies*, Cambridge, Cambridge University Press.
- CRUTZEN, Paul (2002), "Geology of mankind", *Nature*, vol. 415, pp. 23.
- _____ (2006), "The Anthropocene", *Earth system science in the Anthropocene*, Heidelberg, Springer Berlin, pp. 13-18.
- FAGAN, Brian (2008), *La pequeña Edad del Hielo. Cómo el clima afectó a la historia de Europa (1300 – 1850)*, Barcelona, Gedisa.
- FLETCHER, Roland, Brendan M. BUCKLEY, Christophe POTIER, y Shi-Yu Simon WANG (2017), "Fourteenth to Sixteenth centuries AD. The case of Angkor and monsoon extremes in mainland southeast Asia", en Harvey Weiss (ed.) *Megadrought and collapse: From early agriculture to Angkor*, Nueva York, Oxford University Press, pp. 275-314.
- FOLEY, Stephen F., Detlef GRENNENBORN, Meinrat O. ANDREAE, Joachim W. KADEREIT, Jan ESPER, Denis SCHOLZ, Ulrich PÖSCHL, Dorrit E. JACOB, Bernd R. SCHÖBE, Rainer SCHREG, Andreas VÖTT, David JORDAN, Jos LELIEVELD, Christine G. WELLER, Kurt W. ALT, Sabine GAUDZINSKI-WINDHEUSER, Kai-Christian BRUHN, Hoger TOST, Frank SIROCKO, y Paul J. CRUTZEN (2013), "The Palaeo-anthropocene – The beginnings of anthropogenic environmental change", *Anthropocene*, vol. 3, pp. 83-88.
- FRAHM, Ellery y Joshua M. FEINBERG (2013), "Environment and collapse: eastern Anatolian obsidians at Urkesh (Tell Mozan, Syria) and the third-millennium Mesopotamian urban crisis", *Journal of Archaeological Science*, vol. 40, pp. 1866-1878.

- GILLINGS, Michael R. y Ian T. PAULSEN (2014), "Microbiology of the Anthropocene", *Anthropocene*, vol. 5, pp. 1-8, recuperado de <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ancene.2014.06.004>>.
- GREGORICKA, L. A. (2016), "Human response to climate change during the Umm an-Nar/Wady Suq transition in the United Arab Emirates", *International Journal of Osteoarchaeology*, vol. 26, pp. 211-220.
- HALLY, David y John CHAMBLEE (2019), "The temporal distribution and duration of Mississippian polities in Alabama, Georgia, Mississippi, and Tennessee", *American Antiquity* vol. 84, núm. 3, pp. 420-437.
- HIGHAM, Tom (2021), *The world before us*, New Haven / Londres, Yale University Press.
- HOGGARTH, Julie A., Matthew RESTALL, James W. WOOD y Douglas J. KENNETT (2017), "Drought and its demographic effects in the Maya lowlands", *Current Anthropology*, vol. 58, núm. 1, pp. 82-113.
- ISLEBE, Gerald A., Nuria TORRESCANO-VALLE, Alejandro A. ARAGÓN-MORENO y Mirna VALDEZ-HERNÁNDEZ (2018), "The Paleoanthropocene of the Yucatán Peninsula: Palynological evidence of environmental change", *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, vol. 70, núm. 1, pp. 49-60.
- JARRIGE, François y Thomas LE ROUX (2017), *La Contamination du Monde*, Paris, Éditions du Seuil.
- KENNETT, Douglas J. Sebastian F.M. BREITENBACH, Valorie V. AQUINO, Yemane ASMERON, Jaime AWE, James U.L. BALDINI, Patrick BARTLEIN, Brendan J. CULLETON, Claire EBERT, Cristophere JAZWA, Martha J. MACRI, Norbert MARWAN, Victor POLYAK, Keith M. PRUFER, Harriet E. RIDLEY, Herald SODEMANN, Bruce WINTERHALDER y Gerald H. HAUG (2012), "Development and disintegration of maya political systems in response to climate change", *Science*, vol. 338, pp. 788-791.
- KENNETT, Douglas J. y Norbert MARWAN (2015), "Climatic volatility, agricultural uncertainty, and the formation, consolidation and breakdown of preindustrial agrarian states", *Philosophical Transactions Royal Society A*, 373: 20140458, recuperado de <<http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2014.0458>>.
- KENNETT, Douglas J. y David A. HODELL (2017), "AD 750-1100 Climate change and critical transitions in Classic maya sociopolitical networks", en Harvey Weiss (ed.), *Megadrought and collapse: From early agriculture to Angkor*, Nueva York, Oxford University Press, pp. 205-230.
- KUZUCUOĞLU, Catherine (2012), "Le rôle du climat dans les changements culturels, du 5e au 1er millénaire avant notre ère, en Méditerranée orientale", *Des Climats et des Hommes*, París, La Découvert-INRAP, pp. 239-256.
- _____ (2015), "The rise and fall of the Hittite empire in central Anatolia: How, when, where, did climate intervene?", *Archaeological Research in Southern Cappadocia*, Istanbul, Varia Anatolica IFEA/Ege Yayinlari, Istanbul, pp. 17-41.
- KUZUCUOĞLU, Catherine y Zoi TSIRTSONI (2015), "Changements climatiques et comportements sociaux dans le passé: quelles corrélations?", *Les Nouvelles de L'archéologie*, París, Éditions de la Maison des Sciences de L'homme, pp. 142: 49-44.
- LANE, Paul J. (2015), "Archaeology in the age of the Anthropocene: A critical assessment of its scope and societal contributions", *Journal of Field Archaeology*, vol. 40, pp. 485-498.
- MAJEWSKI, Teresita y Michael B. SCHIFFER (2009), "Beyond consumption: Toward an archaeology of consumerism", *International Handbook of Historical Archaeology*, Springer Science and Business Media LLC, pp. 191-207.
- MANSELL, Eugenia Brown, Robert H. TYKOT, David A. FREIDEL, Bruce H. DAHLIN, y Paul A. MAYEWSKI, y Frank WHITE (2002), *The ice chronicles*, Hanover / Londres, University Press of New England.
- MEDINA ELIZALDE, Martín, Stephen J. BURNSA, David W. LEA, Yemane ASMERON, Lucien von GUNTEN, Victor POLYAK, Mathias VUILLE, y Ambarish KARMALKAR (2010), "High resolution stalagmite climate record from the Yucatán peninsula spanning the Maya Terminal Classic period", *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 298, pp. 255-262.
- MEEKS, Scott C., y ANDERSON, David G. (2013), "Drought: assessing Mississippian abandonment of the Vacant Quarter", *Soils, Climate & Society*, Boulder, The University Press of Colorado, pp. 61-84.
- MENOCAL, Peter B. de (2001), "Cultural responses to climate change during the Late Holocene", *Science*, vol. 292, pp. 667-673.
- MULLINS, Paul R. (2011), "The archaeology of consumption", *Annual Review of Anthropology* vol. 40, pp. 133-144.
- PENNY, Dan, Tegan HALL, Damian EVANS, y Martin POLKINGHORNE (2019), "Geoarchaeological evidence from Angkor, Cambodia, reveals a gradual decline rather than a catastrophic 15th-century collapse", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 116, no. 11, pp. 4871-4876.
- RAFFIELD, Ben (2021), "Broken worlds: Towards an archaeology of the shatter zone", *Journal of Archaeological Method and Theory*, vol. 28, pp. 871-910.
- ROBBINS SCHUG, Gwen (2011), *Bioarchaeology and Climate Change, A View from South Asian Prehistory*, Orlando, University Press of Florida.
- ROBBINS SCHUG, Gwen, y K. Elaine BLEVINS (2016), "The center cannot hold: A bioarchaeological perspective

- on environmental crisis in the second millennium BCE, south Asia”, *A Companion to South Asia in the Past*, Chichester, Wiley-Blackwell, pp. 255-273.
- ROCKSTRÖM, Johan, Guy BRASSEUR, Brian HOSKINS, Wolfgang LUCHT, Pavel Kabat SCHELLNHUBER, Nebojsa NAKICENOVIC, Peng GONG, Peter SCHLOSSER, María MÁÑEZ COSTA, April HUMBLE, Nick EYRE, Peter GLEICK, Rachel JAMES, Andre LUCENA, Omar MASERA, Marcus MOENCH, Roberto SCHAEFFER, Sybil SEITZINGER, Sander van der LEEUW, Bob WARD, Nicholas STERN, James HURRELL, Leena SRIVASTAVA, Jennifer MORGAN, Carlos NOBRE, Youba SOKONA, Roger CREMADES, Ellinor ROTH, Diana LIVERMAN y James ARNOTT (2014), “Climate change: the necessary, the possible and the desirable Earth Lique climate statement on the implications for climate policy from the 5th IPCC Assessment”, *Earth’s Future*, núm. 2, pp. 606-611.
- RUDDIMAN, W.F., D.Q. FULLER, J.E. KUTZBACH, P.C. TZE-DAKIS, J.O. KAPLAN, E.C. ELLIS, S.J. VAVRUS, C.N. ROBERTS, R. FYFE, F. HE, C. LEMMEN, y J. WOODBRIDGE (2015), “Late Holocene climate: Natural or anthropogenic?”, *Reviews of Geophysics*, núm. 54, doi:10.1002/2015RG000503.
- SANDIAS, Michaela y Gundula MÜLDNER (2015), “Diet and herding strategies in a changing environment: Stable isotope analysis of Bronze Age and Late Antique skeletal remains from Ya’amun, Jordan”, *Journal of Archaeological Science*, vol. 63, pp. 24-32.
- SCHERER, Andrew K. (2017), “Bioarcheology and the skeletons of the Pre-Columbian Maya” *Journal of Archaeological Research*, vol. 25, pp. 133-184.
- SERVICE, Elman R. (1975), *Origins of the State and civilization. The process of cultural evolution*, Nueva York, W. W. Norton y Company.
- SINHA, Ashish, Gayatri KATHAYAT, Harvey WEISS, Hanying LI, Hai CHENG, Justin REUTER, Adam W. SCHNEIDER, Selim BERKELHAMMER, Selim F. ADALI, Lowell D. STOTT, y R. Lawrence EDWARDS (2019), “Role of climate in the rise and fall of the Neo-Assyrian Empire”, *Science Advances*, núm. 5, doi: 10.1126/sciadv.aax6656.
- STEFFEN, Will, Wendy BROADGATE, Lisa DEUTSCH, Owen GAFFNEY y Cornelia LUDWIG (2015), “The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration”, *The Anthropocene Review*, vol. 2, núm. 1, DOI: 10.1177/2053019614564785.
- STEFFEN, Will, Paul J. CRUTZEN y John R. MCNEILL (2007), “The Anthropocene: are humans now overwhelming the great forces of nature?”, *Ambio* vol. 36, pp. 614-621.
- STRAUS, Lawrence Guy, Berit Valentin ERIKSEN, Jon M. ERLANDSON, y David R. YESNER (eds.) (1996), *Humans at the end of the Ice Age. The archaeology of the Pleistocene-Holocene transition*, Nueva York / Londres, Interdisciplinary Contributions to Archaeology / Plenum Press.
- TAINTER, Joseph A. (2019), “Cahokia: Urbanization, metabolism, and collapse”, *Frontiers in Sustainable Cities*, vol. 6, article 6, doi:10.3389/frsc.2019.00006.
- TRISCHLER, Helmuth (2017), “El Antropoceno”, *Desacatos*, núm. 54, pp. 40-57.
- WALKER, M.J.C., BERKELHAMMER, M., BJÖRCK, S., CWYNAR, L.C., FISHER, D.A., LONG, A.J., LOWE, J.J., NEWNHAM, R.M., RASMUSSEN, S.O., y H. WEISS (2012), “Formal subdivision of the Holocene Series/Epoch: a discussion paper by a working group of Intimate (Integration of Ice-Core, Marine and Terrestrial Records) and the Subcommission of Quaternary Stratigraphy (International Commission on Stratigraphy)”, *Journal of Quaternary Science*, vol. 27, pp. 649-659.
- WEEDEN, Mark (2022), “The Hittite Empire”, *The Oxford history of the ancient near East: Volume III: Volume III: From the Hyksos to the late second millennium BC.*, Nueva York, Oxford Academic, pp. 529-622, recuperado de <<https://doi.org/10.1093/oso/9780190687601.003.0030>>.
- WEISS, Harvey (2017), “4.2 ka bp Megadrought and the Akkadian collapse”, *Megadrought and Collapse: From Early Agriculture to Angkor*, Oxford, Oxford University Press, Oxford, pp. 93-159.
- WHITEHOUSE, Ruth, y John WILKINS (1986), *The making of civilization*, Nueva York, Alfred A. Knopf.
- WILLIAMS, Jocelyn S., Shannen M. STRONGE, Gyles IANNONE, y Fred J. LONGSTAFFE (2017), “Examining chronological trends in ancient Maya diet at Minanha, Belize, using the stable isotopes of carbon and nitrogen”, *Latin American Antiquity*, vol. 28, pp. 269-287.
- ZALASIEWICZ, Jan, Colin N. WATERS, Mark WILLIAMS, Anthony D. BARNOSKY, Alejandro CEARRETA, Paul CRUTZEN, Erle ELLIS, Michael A. ELLIS, Ian J. FAIRCHILD, Jacques GRINEVALD, Peter K. HAFF, Irka HAJDAS, Reinhold LEINFELDER, John MCNEILL, Eric O. ODADA, Clément POIRIER, Daniel RITCHER, Will STEFFEN, Colin SUMMERHAYES, James P.M. SYVITSKI, Davor VIDAS, Michael WAGREICH, Scott L. WING, Alexander P. WOLFE, An ZHISHENG y Naomi ORESKES (2015), “When did the Anthropocene begin? A mid-twentieth century boundary level is stratigraphically optimal”, *Quaternary International*, vol. 383, pp. 196-203.
- ZALASIEWICZ, Jan, Mark WILLIAMS, Will STEFFEN y Paul CRUTZEN (2010), “The new world of the Anthropocene”, *Environmental Science & Technology*, vol. 44, pp. 2228-2231.