

# Cambios climáticos y colapso de civilizaciones

Álvaro GARCÍA  
Eustoquio MOLINA

Departamento de Ciencias de la Tierra e IUCA. Universidad de Zaragoza. 50009 Zaragoza.  
Correo electrónico: alvarogpenas@gmail.com, emolina@unizar.es

## Introducción

Los investigadores han observado que las actividades sociales dependen en gran medida del clima. Conforme los casquetes de la última glaciación pleistocena retrocedían, los humanos comenzaron cultivar también estas nuevas tierras en lugar de seguir el modelo nómada tradicional. El establecimiento de la agricultura contribuyó de manera fundamental a la formación de comunidades estables y a la aparición de las primeras ciudades. Según el informe de 1998 del *National Research Council* estas comunidades, fundamentalmente dependientes de la agricultura, eran sensibles a los cambios del clima, sobre todo aquellos abruptos y prolongados.

La existencia de ciclicidad en el tamaño de las poblaciones humanas preindustriales ha sido desde siempre reconocida por la comunidad científica en el registro arqueológico e histórico. En 1986, Patrick R. Galloway propuso que las fluctuaciones poblacionales a largo plazo coinciden con ciclos climáticos. Así, las etapas cálidas favorecen el crecimiento poblacional, mientras que las etapas frías lo restringen. Estas fluctuaciones son causadas por aumentos y disminuciones en la disponibilidad alimentaria per capita, así como por la tasa vital de las poblaciones.

La civilización actual está siendo afectada por un calentamiento global que está muy bien documentado por unos 2.500 científicos que constituyen el Panel Intergubernamental del Cambio

Climático (PICC) de la ONU. Ya es un hecho que este calentamiento está siendo causado por los gases de efecto invernadero principalmente emitidos por los humanos al quemar los combustibles fósiles. La superpoblación humana está causando también una rápida extinción de especies que ha sido calificada como la sexta gran extinción en masa. Los datos están siendo puestos de manifiesto en numerosas publicaciones (Tainter, 1988; Molina y Lorente, 2000; Diamond, 2006; Molina, 2008, 2016; véanse más referencias en estos).

El objetivo de este artículo es poner de manifiesto cómo los cambios climáticos han influido en la caída de civilizaciones preindustriales, cómo está influyendo en la civilización actual y cómo podría causar su colapso. Además, se sugieren algunas medidas que sería necesario implementar para evitar dicho colapso.



Figura 1. El Templo de Kukulcán en Chichén Itzá, Vestigio de la civilización maya del periodo clásico tardío o postclásico temprano (800-1100).

Foto tomada por E. MOLINA.

## Las sociedades Natufienses

Bajo el término de Cultura Natufiense se agrupa a numerosas comunidades mesolíticas que habitaron la región de Oriente Próximo aproximadamente entre el 12.500 y el 9500 a. C. Se trata de poblaciones de características diversas, pero que presentan rasgos comunes que les confieren una cierta homogeneidad cultural, como es el desarrollo de rituales funerarios elaborados, la construcción de asentamientos relativamente complejos y el uso de una industria lítica avanzada.

Un rasgo fundamental de la cultura Natufiense es la transición desde un estilo de vida nómada a un modelo social basado en la agricultura y la ganadería. Este cambio fue fundamental en el desarrollo posterior de las comunidades agrícolas del Neolítico, durante lo que se conoce como Revolución Agrícola. Según María del Carmen Poyato Holgado, que en 2000 publicó un libro sobre las comunidades Natufienses del Mediterráneo oriental, es probable que el declive del nomadismo estuviera impulsado por un cambio en las condiciones climáticas al comienzo del *Younger Dryas* (YD) hace unos 12.900 años. Se produjo un cambio a condiciones más frías y áridas, que provocaron una reducción de la distribución geográfica de los cereales típicos de la región. La recolección y la caza en estos ambientes en declive desgastaron los recursos ambientales hasta el punto en que éstos no bastaban para mantener a las comunidades Natufienses, que se vieron forzadas a reaccionar frente a las nuevas condiciones.

En algunas comunidades se observa, como respuesta a la disminución de recursos, un incremento en la eficiencia del instrumental de caza y un aumento en la movilidad que permitía una mayor flexibilidad en la obtención de recursos. Sin embargo, la posterior desaparición de este tipo de comunidades implica que fueron, a pesar de todo, incapaces de adaptarse al rápido cambio de las condiciones climáticas. Otras comunidades Natufienses parecen haber pasado a depender del cultivo de cebada y trigo, así como de la domesticación de animales, lo que les permitió independizarse hasta cierto punto de los recursos naturales en declive.

Se considera pues, que la cultura de tipo Natufiense llegó a su final debido al enfriamiento y aridificación producidos durante el YD, en lo que constituye el primer caso de colapso de una sociedad asociado al clima que se registra en el Viejo Mundo. Las nuevas comunidades agrá-

rias tenían modos de organización sociopolítica, industria lítica, asentamientos, etcétera, que presentan innovaciones significativas, y son considerados entidades culturales bien diferenciadas. Con el final del YD hace aproximadamente 10.000 años, retornaron condiciones más favorables, y las comunidades agrícolas se extendieron por todo Oriente Próximo, dando lugar eventualmente a los imperios mesopotámicos, como han puesto de manifiesto en sus libros Richard Prentice en 2009 y Arie S. Issar y Mattanyah Zohar en 2004.

## El imperio Acadio

El imperio Acadio se estableció en el 2340 a. C. en Mesopotamia, región que abarca la llanura aluvial situada entre los ríos Tigris y Éufrates. Se trata del primer imperio del cual se tienen evidencias, y conectaba las pequeñas poblaciones agrícolas del norte de Mesopotamia con las ciudades-estado situadas en el sur. Su economía dependía principalmente de la agricultura y el comercio de larga distancia con los pueblos mediterráneos.

A pesar de ser una civilización avanzada, el imperio Acadio sufrió un colapso en torno al 2200 a. C., tras apenas 180 años de existencia. Una gran parte del imperio quedó despoblada y parece que tan sólo las principales ciudades mantuvieron una población relativamente estable. Este colapso puede atribuirse primariamente a causas sociopolíticas internas, pues las instituciones imperiales se había desgastado durante un reinado débil, así como un periodo de revuelta popular y descentralización del poder.

Sin embargo, se ha encontrado una gran abundancia de sedimento eólico coincidente con la caída del imperio Acadio, que se ha interpretado como indicador de una aridificación súbita. Este fenómeno se ha interpretado como el efecto de un cambio en los vientos del Oeste mediterráneos, que habría provocado una reducción severa de las precipitaciones, como ha puesto de manifiesto Raymond S. Bradley en su libro publicado en 1999. Además, se ha datado un nivel de cenizas volcánicas también coincidente con la caída del Imperio, siendo posible que el vulcanismo jugara un papel reforzador de la sequía.

Se considera que esta aridificación fue el factor que desencadenó la caída del imperio Acadio, pues provocó una severa sequía que, además de reducir la cantidad de alimento disponible, desplazó a varias tribus que habitaban los Montes Zagros y que pasaron a ocupar el territorio impe-

rial. Su invasión fue el golpe de gracia que terminó por provocar el colapso del Imperio Acadio, ya debilitado por el brusco cambio climático y problemas sociopolíticos internos (Weiss y Bradley, 2001; Issar y Zohar, 2004).

## El Imperio Maya Clásico

La civilización Maya se desarrolló en la región denominada Área Cultural Mesoamericana, que abarca desde el norte de México hasta América Central. En su momento de mayor desarrollo ocupó la zona sur de México, Guatemala y Belize. La época de mayor desarrollo cultural y urbanístico de la cultura Maya tuvo lugar entre el año 250 y el 900, intervalo denominado como Periodo Maya Clásico, que se caracterizó por la instauración de un verdadero Imperio integrado por numerosas ciudades estado interrelacionadas por una compleja red político-comercial.

En torno al año 900 tuvo lugar el súbito colapso del Imperio Maya que, si bien no significó una desaparición de la cultura maya, sí conllevó una importante reducción poblacional, el abandono de las principales ciudades-estado, localizadas en las llanuras de Yucatán (Fig. 1), y un traslado de los centros de poder restantes a las zonas más elevadas situadas en Guatemala. Kennett et al. (2012) atribuyen este colapso a un periodo de sequía que tuvo lugar entre el año 820 y el 870, durante el cual se habría producido una reducción de un 40% en el volumen de las precipitaciones. Esta fuerte sequía forma parte de un periodo de tendencia a condiciones secas más amplio, que comenzó en el año 660 y culminó en el 1020 con un periodo seco de casi un siglo de duración.

Las etapas iniciales de esta tendencia a condiciones secas coinciden con un incremento en los enfrentamientos armados entre ciudades estado, que culminó entre el año 760 y el 800, cuando se registran las primeras evidencias de desestabilización y fragmentación política. El posterior descenso brusco en el número de documentos escritos y centros culturales importantes apunta a una progresiva desestabilización y fragmentación del sistema imperial. Esto culminó con la descentralización del poder y el colapso del Imperio cuando se abolió la institución del derecho divino al reinado. Los principales centros políticos y culturales del imperio quedaron abandonados durante el siglo XI, coincidiendo con el intervalo seco de mayor duración del milenio (Fig. 2).

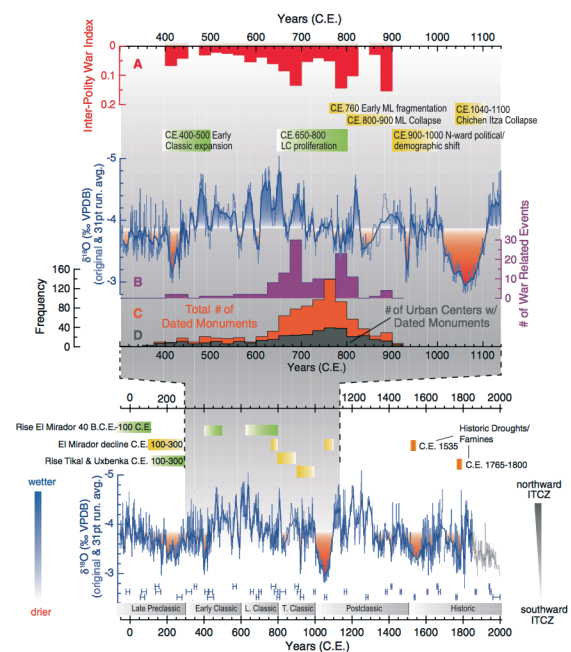


Figura 2. Curva isotópica obtenida de una estalagmita en Yucatán. Se observa un marcado episodio seco en torno a la fecha de colapso del imperio Maya Clásico. Tomada de Kennett et al. (2012) en Science.

## La civilización actual

Nuestra compleja sociedad está teniendo un éxito y bienestar (sociedad de consumo) sin precedentes históricos. Esto ha sido debido principalmente al gran desarrollo científico y tecnológico, así como al uso de los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas) que han sido una fuente de energía muy barata. Sin embargo, el hombre está causando la sexta gran extinción en masa al ir colonizando toda la Tierra. Este proceso de extinción puede dividirse en tres etapas (MOLINA, 2008):

La primera etapa comenzó con la salida de África de los primeros *Homo sapiens* hace unos 100.000 años. La caza intensiva condujo a la extinción de la mayor parte de las especies de macromamíferos integrantes de la denominada Megafauna Pleistocena. Algunas especies sobrevivieron aisladas en islas, pero sólo hasta que éstas fueron colonizadas. Los Neandertales, que vivieron en el último periodo glaciario, eran también grupos de cazadores que se extinguieron por la competencia con los Cromañones, más oportunistas e inteligentes. Los últimos Neandertales sobrevivieron en los alrededores de Gibraltar hasta hace sólo 28.000 años.

La segunda etapa comenzó con el estadio interglacial actual, y fue desencadenada por la invención de la ganadería y la agricultura. El desarrollo de ambas actividades permitió un incremento de la población, y el desarrollo en poco



tiempo de sociedades complejas. Esto supuso un cambio ecológico muy grande al fomentar el desarrollo de unas pocas especies de plantas y animales domesticados. Muchos ecosistemas fueron destruidos o alterados provocando la extinción de muchas de las especies vegetales y animales que vivían en ellos. Además, los intercambios comerciales iniciaron la introducción de especies exóticas, que compiten con las autóctonas y generan la extinción de muchas de éstas. Durante esta etapa continuaron la caza y la pesca intensivas, que contribuyen a la extinción de especies de todo tipo (Molina y Lorente, 2000; entre otros).

La tercera etapa ha comenzado recientemente con el desarrollo industrial, la quema de los combustibles fósiles y la consiguiente liberación de gases de efecto invernadero (dióxido de carbono, metano, óxido de nitrógeno, clorofluorocarbonos, hexafluoruro de azufre). Además, se está produciendo la acumulación de materiales de desecho de la actividad humana, tales como aluminio, plomo, nitrógeno, fósforo, pesticidas, cemento y plásticos. El acúmulo sedimentario de estos materiales, junto con los elementos radiactivos de las bombas atómicas, han sido propuestas para marcar el límite entre el Holoceno y una nueva época propuesta, el Antropoceno, que habría tenido comienzo hace tan sólo algunas décadas.

La concentración de dióxido de carbono, directamente relacionada con la temperatura atmosférica, nunca había sobrepasado los 280 ppmv en los periodos interglaciares, y en el momento actual acaba de sobrepasar los 400 ppmv (Fig. 3). Los cambios geológicos son lentos, por eso la temperatura aún ha subido poco, pero es cuestión de tiempo que suba mucho. El calentamiento global está liberando además el metano acumulado en el permafrost alrededor del polo norte, que es un gas que produce mucho más efecto invernadero que el CO<sub>2</sub>. Si el calentamiento afecta a los fondos oceánicos puede producirse la liberación de hidratos de metano, que podría desencadenar un evento hipertermal como el que tuvo lugar en el límite Paleoceno/Eoceno, hace 55 millones de años. Los calentamientos climáticos suelen favorecer una diversificación de las especies y un desplazamiento latitudinal hacia el norte de sus

hábitats. Sin embargo, actualmente debido a la superpoblación y a la sociedad de consumo se están extinguiendo muchas especies de animales y plantas, aunque aún la diversidad es alta y no se ha completado la extinción en masa. El PICC de la ONU ha generado un gran consenso sobre que el calentamiento global está siendo causado por las actividades humanas, los datos recopilados por este numeroso grupo de científicos ponen de manifiesto que la temperatura media de la Tierra ha aumentado 0,6° C en el último siglo, aproximadamente 1° C desde mediados del siglo XIX y las previsiones para el año 2100 son de unos 4-5° C dependiendo de las medidas que se tomen. Actualmente, existen propuestas de limitar el calentamiento a 2° C, pero además de insuficientes resultan muy difíciles de implementar debido a la enorme presión demográfica y a la insostenible sociedad de consumo.

Nuestra sociedad actual con su alto desarrollo científico y tecnológico está combatiendo muy eficazmente los problemas derivados de este calentamiento, tales como enfermedades, desertificación, etcétera. Sin embargo, será más difícil combatir la subida del nivel del mar, producida por el agua acumulada de los glaciares que se están derritiendo al aumentar la temperatura. En los últimos 100 años el nivel del mar subió unos 17 cm, actualmente está subiendo de 3 mm a 1 cm por año, pero la subida se está acelerando de forma geométrica. El deshielo de todos los glaciares y de los casquetes polares produciría un aumento del nivel del mar de unos 70 m. Solo en Groenlandia hay hielo acumulado para que cuando se derrita el nivel del mar suba unos 7 m. Resulta muy preocupante ya que Groenlandia está muy cerca del polo norte, el cual se está derritiendo muy rápidamente, ya que la subida de temperatura en los polos es mucho mayor que en el resto de la Tierra. Si tenemos en cuenta que más de la mitad de la población actual vive a nivel del mar, el problema que se avecina puede ser enorme. En algunas islas ya están teniendo problemas graves de inundaciones y se están planteando el traslado de poblaciones. Además, en zonas costeras por debajo del nivel del mar, que están protegidas por diques, las tormentas generan graves inundaciones, tal y como ocurrió en New Orleans con el ciclón Katrina. El problema sólo

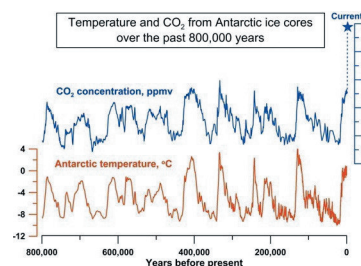


Figura 3. Ciclos de dióxido de carbono y temperatura donde se observa que en la actualidad la concentración de CO<sub>2</sub> ha alcanzado valores muy superiores a los últimos 8 periodos interglaciares. Adaptado de Luthi et al. (2008) en Nature.

está empezando, y de momento en muchas zonas los problemas se pueden paliar, pero en el futuro la subida del mar llegará a inundar grandes áreas costeras y se producirán enormes migraciones. Dado lo superpoblada que está la Tierra las migraciones producirán guerras que pueden generar el colapso de nuestra civilización (TAINTER, 1988; DIAMOND, 2006; MOLINA, 2016; entre otros).

El hombre es una especie muy oportunista e inteligente que es difícil que se extinga, por eso parece más apropiado hablar de colapso de nuestra civilización que de extinción del hombre. Sería simplista pensar que solo el cambio climático causaría el colapso, pues la subida del nivel del mar es lenta y puede tardar mucho tiempo y superar la escala de una vida humana. Mientras tanto otros factores podrían provocar antes el colapso, tales como la escasez y agotamiento de recursos naturales por una población que no para de crecer a un ritmo de casi 100 millones de personas cada año.

## Conclusiones

Los cambios climáticos han sido una causa desencadenante del colapso de civilizaciones preindustriales, tales como las sociedades Natufienses, el imperio Acadio y el imperio Maya Clásico. Las sociedades Natufienses, que siguieron al declive del nomadismo, surgieron al comienzo del cambio climático del YD hace unos 12.500 años y colapsaron al final del periodo frío y árido del YD hace unos 10.000 años. El imperio Acadio sufrió su colapso hace unos 2200 años coincidiendo con una aridificación súbita que provocó una severa sequía que contribuyó a la desestabilización económica y social. El imperio Maya Clásico sufrió un colapso que se produjo en torno al año 900 coincidiendo con una prolongada sequía, que debilitó el imperio y provocó la invasión de otras culturas.

Nuestra civilización está siendo afectada actualmente por un cambio climático, que está produciendo una serie de efectos, entre los cuales el más difícil de combatir será la subida del nivel del mar. La causa desencadenante de la sexta extinción en masa que está aconteciendo actualmente es la superpoblación de la Tierra. Antes de llegar a los niveles actuales, ya causaba la extinción de muchas especies por caza intensiva, después por el desarrollo de la agricultura y últimamente por la sociedad de consumo y el calentamiento global. La mitad de los más de 7000 millones de personas que pueblan la Tierra viven a nivel del mar; la subida previs-

ta del mismo inundará todas las poblaciones costeras, generando migraciones y guerras que pueden causar el colapso de nuestra civilización.

Para evitar el colapso sería necesario implementar una serie de medidas de forma urgente y generalizada, a continuación sugerimos solo las principales. En primer lugar habría que disminuir el crecimiento de la población, que ya ha sido el desencadenante de la sexta extinción en masa y del previsible agotamiento de los recursos naturales. Por tanto, tenemos que disminuir el consumo y derroche que están agotando los recursos naturales y que generan gran cantidad de residuos y contaminación. No basta con reciclar, sino que hay que reducir el consumo, reutilizando e incluso decreciendo nuestro desarrollo. Además, reducir drásticamente la emisión de gases de efecto invernadero, no quemando más combustibles fósiles y sustituyéndolos por energías renovables. De todas formas, esto no detendría el calentamiento global, pues con los gases de invernadero ya emitidos es cuestión de tiempo que se derritan todos los glaciares y casquetes polares. Por tanto, habría que tratar de recuperar también gran parte de los gases de invernadero emitidos. A pesar de los esfuerzos de la ONU estas medidas se están tomando de forma muy lenta y parcial, pues muchos líderes o son negacionistas del calentamiento global, o no pueden, o no quieren implementar las costosas medidas y, en consecuencia, el colapso de nuestra civilización parece inevitable.

## Referencias bibliográficas

- DIAMOND, J. 2006. *Colapso*. Random House Mondadori, Barcelona. 457 pp.
- MOLINA, E. 2008. Etapas y causas de la sexta extinción en masa. In: Arcega, C. y Lahoz, J. (eds.). *Actas X Jornadas Aragonesas de Paleontología*. 187-203.
- MOLINA, E. 2016. *Eventos de extinción desde el Cretácico a la actualidad: patrones, causas y efectos*. Discurso de ingreso. Academia de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales de Zaragoza. 1-51.
- MOLINA, E., LORENTE, J.M. 2000. Causas e incidencias de la última extinción en masa en Aragón. *Naturaleza Aragonesa*. 6, 20-25.
- TAINTER, J.A. 1988. The collapse of Complex Societies. *New Studies in Archeology*. 250 pp.
- WEISS, H., BRADLEY, R.S. 2001. What drives societal collapse? *Science*, 291, 609-610.