

# **La historia de la Tierra en un año**

**Vicente Trigo Aranda**



***Revista Digital de ACTA***

**2020**

**Publicación patrocinada por**



**ACTA representa en CEDRO los intereses de los autores científico-técnicos y académicos. Ser socio de ACTA es gratuito.**

**Solicite su adhesión en [acta@acta.es](mailto:acta@acta.es)**

## **La historia de la Tierra en un año**

© 2020, Vicente Trigo Aranda ([www.vicentetrigo.com](http://www.vicentetrigo.com))

© 2020, 

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley.

Se autorizan los enlaces a este artículo.

*ACTA no se hace responsable de las opiniones personales reflejadas en este artículo.*

## INTRODUCCIÓN

Según una encuesta realizada por el Instituto Elcano en 2019, el cambio climático era para los españoles la mayor amenaza a la que se enfrentaba el mundo, muy por delante de los conflictos armados, la pobreza, el terrorismo, epidemias, etc. ¿Tan peligroso es para la humanidad el cambio climático o se trata sólo de un moderno coco con el que se asusta al personal? ¿Realmente estamos ante un ultimátum vital?

En este artículo, donde pretendo ser lo más ecléctico y objetivo posible, mostraré las diversas etapas por las que ha ido pasando el clima de la Tierra desde su formación hasta el momento actual, exponiendo los datos científicos que se conocen y las hipótesis que procuran explicarlos... Y es que la solución a determinados problemas debemos buscarla siempre en la ciencia y, por desgracia, eso no suele ser lo habitual.

Cuando alguien me habla de "el cambio climático", y recalco el artículo determinado, me digo que no sabe demasiado sobre la historia de la Tierra, porque, si esta nos enseña algo, es que los cambios climáticos han sido continuos y seguirán produciéndose en el futuro. Nuestro planeta no se rige por nuestra visión cortoplacista y antropocéntrica y a lo largo de su historia ha sufrido tantas variaciones que habría hecho falta muchísima imaginación para predecirlas con antelación.

Una de las personas que más ha contribuido a la difusión del cambio climático es Al Gore, que fue vicepresidente con Bill Clinton, perdió aquellas controvertidas elecciones de 2000 frente a George W. Bush... y recibió el premio Nobel de la Paz en 2007, "por sus esfuerzos para construir y difundir un mayor conocimiento sobre el cambio climático provocado por el hombre".

Con su famoso documental "Una verdad incómoda" (*An Inconvenient Truth*), que ganó un Oscar en 2007, contribuyó a concienciarnos sobre la importancia que tiene cuidar nuestro planeta, pero, ¡siempre hay algún pero! ¿sabía que ese documental acabó siendo juzgado en el Tribunal Superior de Londres?

¿El motivo? Resulta que se pretendía distribuir en todas las escuelas de secundaria inglesa y un padre se opuso alegando que una cosa es la ciencia y otra muy distinta el adoctrinamiento político. El juez dictaminó que había nueve inexactitudes (errores, las llaman otros) en la exposición de Al Gore y que la película se podía distribuir, siempre que se acompañara de unas notas específicas que abordasen esos temas.

¿Qué puedo comentar? Acabo de ver de nuevo "Una verdad incómoda" y son innegables las dotes de comunicador de Al Gore, pero la verdad es que tampoco da demasiados datos científicos; se trata más bien de una presentación, conformada con imágenes y vídeos, que busca alcanzar el máximo impacto.

Si un juez me sacase los colores nueve veces, pasaría una vergüenza tremenda como científico, pero, claro, Al Gore nunca ha sido un científico, sino un político y en su documental "la ciencia se utiliza, en manos de un político y comunicador talentoso, para hacer una declaración política y para apoyar un programa político" (el entrecomillado corresponde a la sentencia del juez).

Debo destacar que el juez sólo se limitó a los hechos conocidos, no a las presuntas dotes de Gore como profeta, que parecen algo escasas. Así en su documental de 2006 afirmaba que "*Within the decade there will be no more snows of Kilimanjaro*" (*Dentro de la década no habrá más nieves del Kilimanjaro*) y en 2019 todavía nieva bastante allí, como se aprecia en la figura siguiente... Y éste es sólo un ejemplo; en Internet cuesta poco encontrar algunas otras predicciones suyas fallidas.



Figura 1. El Kilimanjaro en febrero de 2006 (arriba) y en enero de 2019 (abajo).

En resumen, es posible tener muy buenas intenciones y, sin embargo, estar equivocado. Cuando alguien comienza una exposición presuntamente científica con las palabras "yo creo", es para echarse a temblar... Y es que muchas personas se creen sus propias predicciones; algo que es muy humano, pero muy poco científico... y en este artículo se habla de ciencia, no de opiniones.

Comencemos con lo más elemental, la diferencia entre tiempo atmosférico y clima, porque parece ser que mucha gente confunde ambos conceptos. Si hace frío, es cosa del cambio climático... y, si hace calor, también.

El tiempo meteorológico estudia el estado de la atmósfera a corto plazo y en lugares específicos; cambia rápida y continuamente y, en la actualidad, podemos predecirlo con cierta exactitud, gracias a los sistemas informáticos. En cambio, el clima varía mucho más lentamente y su predicción es, hoy por hoy, prácticamente imposible, por muchas teorías que lleguen a nuestros oídos.

¿Prácticamente imposible? Sí, ha leído bien... ¿Y esas predicciones que afirman próximas y grandes catástrofes? "El aumento de temperatura podría llegar a los 4,8° C para final de siglo" (Greenpeace) "El impacto potencial es enorme, con predicciones de falta de agua potable, grandes cambios en las condiciones para la producción de alimentos y un aumento en los índices de mortalidad debido a inundaciones, tormentas, sequías y olas de calor" (Ministerio para la Transición Ecológica).

Esas predicciones se basan en programas informáticos que simulan el comportamiento futuro del clima, pero, aunque esas herramientas nos pueden servir de referencia, no demuestran nada. He impartido durante varios cursos una asignatura sobre simulación de sistemas y sé muy bien que un cambio minúsculo en las condiciones iniciales puede variar drásticamente el resultado final... y es prácticamente imposible codificar todas las variables que intervienen en la evolución del clima.

Otro detalle que interesa aclarar antes de seguir adelante es el de los conocidos como gases de efecto invernadero. En la actualidad el aire está compuesto de nitrógeno (78,08%) y oxígeno (20,94%), con argón (0,93%) y otros gases minoritarios, entre ellos los demonizados por el efecto invernadero: dióxido de carbono CO<sub>2</sub> (0,035%) y metano (0,000179%). Estos datos, relativos al volumen, corresponden al aire seco, sin incluir el vapor de agua, que puede llegar a alcanzar el 3%... y que, sorprendentemente, también juega un papel importante en el efecto invernadero.

Parte de la radiación solar que recibe la Tierra se devuelve al espacio en forma de rayos infrarrojos, que son calientes, aunque algunos gases los retienen y los envían hacia la superficie, incrementando la temperatura del planeta. En concreto, el metano retiene mucho más calor que el CO<sub>2</sub>.

¡Qué malos! ¿Verdad? Pues lo cierto es que no. Gracias a ellos, la temperatura media del planeta ronda los quince grados, en lugar de los veinte bajo cero que sería de esperar si nuestra atmósfera no contuviera de forma natural los gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, metano y vapor de agua). Sin ellos, la Tierra estaría helada.

Aclarada esta cuestión, pasemos a los grandes números, que escapan a nuestra intuición, porque nunca tuvimos necesidad de ellos durante nuestra evolución como especie.

Si bien no tenemos dificultades en manejar grandes cantidades con algo de preparación, otra cosa es su interiorización. Todo el mundo habla de un millón con soltura; sin embargo, la mayoría no tiene una idea clara de lo que significa. Veamos unos ejemplos que nos sirvan de referencia: Una persona que gane el salario medio (26.923 en 2018), necesita trabajar 37 años para ganar un millón de euros; un millón de segundos equivale a más de nueve meses; un millón de caracteres viene a ser un libro de quinientas páginas.

Pero las cantidades que aparecen en la historia de la Tierra son aún más grandes (¡miles de millones de años!) y no resulta fácil interiorizar las duraciones de las sucesivas etapas de su evolución. Por ese motivo, en este artículo he adoptado un desarrollo expositivo que facilita una visión general... He supuesto que la Tierra lleva existiendo un año y, a lo largo de esos doce meses virtuales, iré comentado los hitos más destacados por los que ha ido pasando nuestro planeta.

Antes de seguir, quiero comentar una cuestión de notación. Ma es el símbolo internacional para aludir a un millón de años (en inglés también se utiliza a menudo *mya*, hace un millón de años). Por tanto, suponiendo que la edad de la Tierra es de 4.500 Ma, cada día de su año virtual equivaldrá a unos 12,3 Ma, una hora a poco más de medio Ma y un minuto virtual a ocho mil y pico años.

Como es comprensible, las cifras que aparecen en este artículo debemos tomarlas siempre como aproximaciones, porque los métodos existentes para dataciones son muy poco precisos cuando se retrocede en el tiempo muchos millones de años... cuando no directamente inaplicables.

Por ejemplo, el estudio de los troncos de los árboles sólo es válido para fechas recientes (la especie que más vive parece ser la *Pinus longaeva*, que puede alcanzar hasta los cinco mil años de edad). La datación mediante el isótopo C-14 permite determinar la edad de organismos fallecidos hasta hace unos 60.000 años.

Con intervalos más amplios trabaja la paleo-glaciología, que analiza las capas de hielo perforado hasta varios miles de metros en zonas como Groenlandia, Antártida, etc., y gracias al estudio de las impurezas que se encuentran (hollín, polen, meteoritos, isótopos, etc.) se obtiene información sobre el medio ambiente existente hace centenares de miles de años... y se confía en que superar el umbral del millón de años sea algo habitual pronto.

Donde sí podemos retroceder mucho más en el tiempo es cuando se estudian las variaciones del nivel del mar, gracias a los arrecifes de coral que se desarrollan en aguas profundas (los primeros aparecieron hace 500 Ma).

Por cierto, que los corales casi siempre se ponen como ejemplo del riesgo que corren por el llamado cambio climático... y, por desgracia, resulta ser cierto en algunos casos, pero, según estudios del Instituto Australiano de Ciencias Marinas, en algunas regiones los corales están creciendo... ¡Así es la naturaleza! Si en una parte se pasa mal, en otra las cosas van mejor; si a unos corales les perjudica el aumento de temperatura oceánica, a otros les favorece.

## LA HISTORIA DE LA TIERRA EN UN AÑO

Comencemos ya el repaso a la historia de la Tierra resumida en un año... Espero que le resulte ameno e interesante.

### DOS PRIMEROS DÍAS DE ENERO

Parece ser que el sistema solar se formó hace unos 4.500 Ma (el Big Bang se data hace 13.700 Ma), a partir del colapso gravitacional de una gran nube molecular que también debió de dar lugar a otros sistemas estelares... Claro que hay otras hipótesis complementarias, que especifican que la causa fue la onda de choque generada por una supernova próxima... ¡Así es el universo! Tuvo que morir una estrella para que naciese otra.

Se estima que al Sol le quedan otros 5.000 Ma, así que ahora está en mitad de su vida más o menos, al igual que le sucede a la Tierra, aunque, por desgracia, nuestro planeta mucho antes dejará de ser habitable. Dentro de unos 1.000 Ma, el Sol se expandirá y la vida irá desapareciendo, los océanos evaporándose y nuestro planeta hervirá literalmente, hasta ser absorbido por el Sol.

Al principio, la Tierra era un protoplaneta, con múltiples impactos de meteoritos y su superficie completamente caliente; una especie de bola de roca fundida. Según la teoría más comúnmente aceptada (*Giant Impact Hypothesis*), también había por ahí otro protoplaneta, Theia, más grande que el actual Marte y con una masa equivalente al 40% de aquella antigua Tierra.

La órbita de Theia, 20 o 30 Ma después, se hizo inestable al ir aumentando de tamaño y acabó impactando con la Tierra. El choque debió ser tan tremendo que una parte de nuestro planeta salió despedida y acabó conformando la Luna (se cree que un 8% de su material procede de Theia). Además, el impacto gigante cambió el eje de giro terrestre que, en lugar de ser paralelo al del Sol, está inclinado 23,5 grados, lo que da lugar a las estaciones.

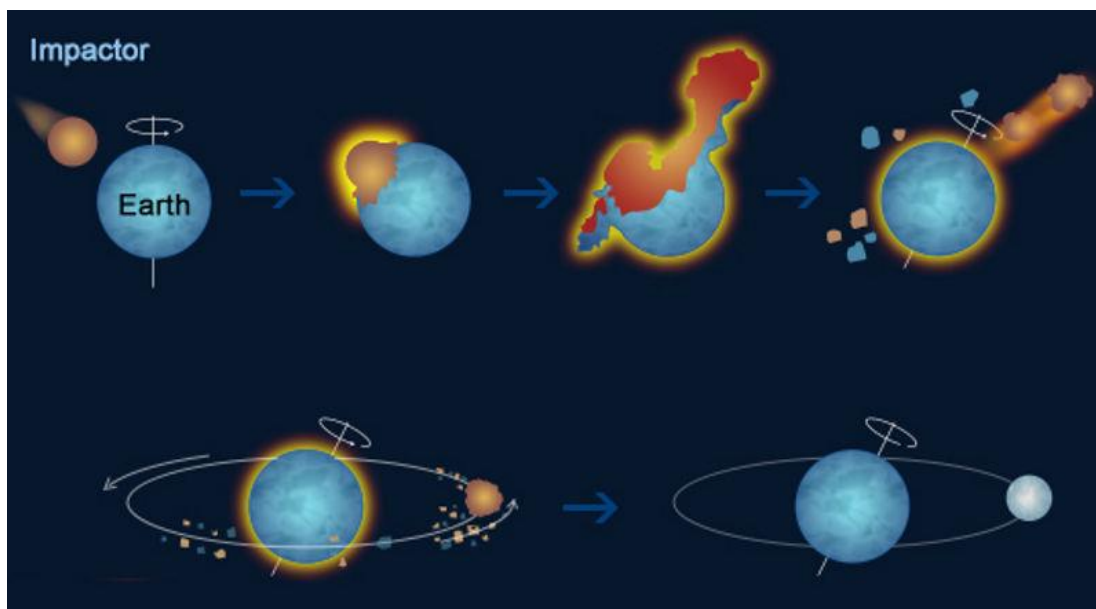


Figura 2. Teoría del gran impacto.

Esa pérdida de materia se compensó sobradamente con la aportada por Theia, que acabó fusionada con la Tierra. En otras palabras, nuestro planeta es mezcla de dos!... y si el choque no hubiera sucedido exactamente como tuvo lugar, quizás se habrían fundido ambos planetas y nos habríamos quedado sin Luna o Theia habría salido despedida o se habrían formado varias lunas o...

Claro que aquella Tierra y aquella Luna eran muy distintas de las actuales. Para comenzar estaban muy próximas, a sólo 24.000 km de distancia (ahora nos separan 384.400 km y la Luna se aleja de la Tierra 3,8 cm al año); también había volcanes lunares en erupción, que conformaron una atmósfera más gruesa que la actual de Marte.

Además, la Tierra giraba como despendolada; baste decir que los días duraban alrededor de 5 horas. Sorprendente, ¿verdad? Pero es que la equivalencia de 24 horas con un día es algo moderno; hace mil Ma la duración del día rondaba las 19 horas... Es como si nuestro planeta todavía estuviese asimilando aquel gigantesco impacto.

Y no sólo la Tierra giraba con rapidez... Ahora la Luna tarda 27d 7h 43m en dar la vuelta a la Tierra; entonces lo hacía en sólo 84 horas. ¡Las mareas debían ser fabulosas!... Y no, agua no había, pero sí un magma de rocas fundidas.

## 9 DE FEBRERO

En aquella época (hace unos 4.000 Ma) el Sol era un 30% menos energético que ahora y la Tierra mucho más caliente, con actividad volcánica continua, que arrojaba a la atmósfera vapor de agua, CO<sub>2</sub> y azufre; además, padecía impactos continuos de asteroides. Durante ese tiempo la química intervino y fue conformando el núcleo de la Tierra y creando las primeras rocas.

El vapor de agua que expulsaba el vulcanismo se combinó con el magma e hizo descender su punto de fusión, de modo que la Tierra se fue enfriando poco a poco. Así surgió la primera corteza de la Tierra, formada por basalto negro.

¿Y cómo surgieron las grandes masas de tierra que conformaron los continentes? Se ignora todavía y hay múltiples teorías... entre ellas una que alude al choque con un asteroide que generó un enorme hueco donde se fue acumulando lava, rocas, siendo el origen del primer minicontinente.

Nuestro hogar todavía no se parecía en nada al planeta azul que conocemos, pero se cree que ya existía un océano, caliente y de poca profundidad. Aunque el sol era menos brillante y, por tanto, el agua debería haberse congelado, el calor de la propia Tierra la mantenía en estado líquido.

¿De dónde salió el agua? Hay dos teorías que podríamos decir que son complementarias, aunque parezcan antagónicas. La primera dice que vino del espacio en forma de hielo, en los innumerables meteoritos que impactaron con la Tierra. La otra dice que procede de sus profundidades.

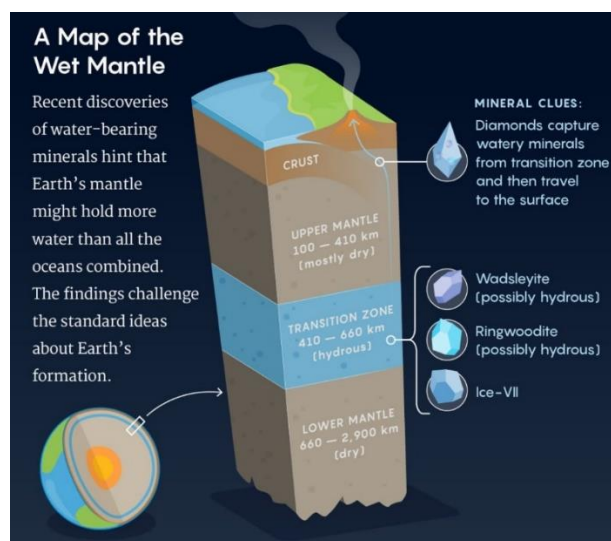


Figura 3. Agua en el interior de la Tierra.

Según esta segunda teoría, el agua se formó en las profundidades de la Tierra, donde las altas temperaturas unieron los átomos de oxígeno e hidrógeno y las múltiples erupciones volcánicas fueron sacando al exterior parte de esa agua... no necesariamente líquida, podía estar encerrada en los cristales de minerales.

Robert Hazen, en su excelente libro "La Historia de la Tierra", afirma que "*el manto inferior contiene dieciséis veces más agua que todos los océanos*".

Por aquella época no había en nuestro planeta ni el menor rastro de vida, tal y como la entendemos, aunque sí que existía un caldo prebiótico en el que se cree que aparecieron las primeras moléculas replicadoras, que hacían copias de sí mismas... Las mutaciones (los errores en la replicación) hacían que algunas encajaran mejor con el ambiente y esas fueron las que acabaron predominando... Luego, los organismos unicelulares primitivos fueron evolucionando y el sistema de replicación acabó derivando en el ADN, que es el que ahora utiliza prácticamente toda la vida en el planeta.

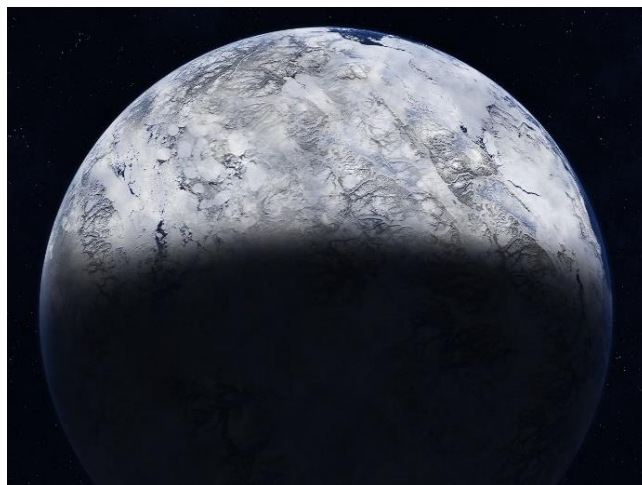
## 20 DE JUNIO

¡Ya ha transcurrido casi la mitad de la vida del planeta! Y la verdad es que se sabe muy poco de lo que sucedió durante el periodo anterior al inicio del verano del año virtual de la Tierra, hace unos 2.400 Ma, salvo que la vida microbiana siguió desarrollándose.

Irónicamente, la Tierra se enfrió de verdad nada más comenzar su verano virtual; es lo que se conoce por glaciación Huroniana, asociada a la Gran Oxidación (*Great Oxidation Event*). Resulta que en la atmósfera aumentó el nivel de oxígeno, que era un desecho biológico producido por los organismos procariotas del océano, que habían descubierto algo similar a la fotosíntesis actual. Se cree que no se alcanzó el nivel actual de oxígeno, ni mucho menos, pero sí fue lo suficientemente alto como para producir una extinción casi masiva de la vida primitiva que era anaeróbica.

La presencia de oxígeno en la atmósfera hizo que se debilitase el efecto invernadero, al transformar el metano en CO<sub>2</sub>, que retiene menos el calor; también se conjetura que se formó entonces la capa de ozono que bloqueaba la llegada de radiación a la superficie. De este modo, poco a poco una capa de hielo fue cubriendo casi todo el planeta, aunque en algunas partes el agua de los océanos se mantuvo líquida, facilitando que algunos organismos siguiesen con vida.

Nuestro planeta estuvo casi cubierto de hielo unos 300 Ma, hasta que se volvió a calentar, aunque no tanto como al principio. ¿Por qué se calentó? Se desconocen las causas, realmente. La hipótesis más difundida es que las emisiones de los volcanes ayudaron a activar el efecto invernadero.



*Figura 4. Planeta helado.*



**DEL 3 AL 11 DE NOVIEMBRE**

Durante más de mil millones de años la Tierra siguió evolucionando a su ritmo, lento y pausado, sin que se hayan detectado grandes cambios dramáticos, ni impactos catastróficos, ni... Algunos científicos llegan a calificar de *aburrido* a este periodo en el que se formaron supercontinentes, se dividieron y se volvieron a juntar; como el conocido por Columbia o Nuna y, unos 300 Ma más tarde, se formó Rodinia.

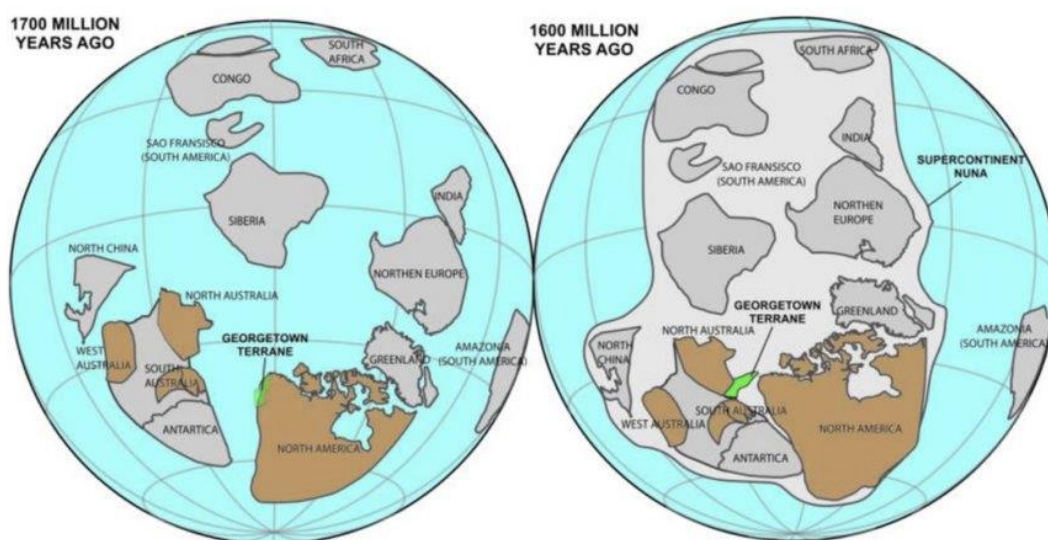


Figura 5. Columbia/Nuna.

Lo cierto es que acabamos de entrar en el penúltimo mes del año virtual terrestre y nuestro planeta todavía no parece gran cosa ni llama la atención por nada. Sin embargo, hace unos 650 Ma, tuvo lugar un cambio climático que nos recuerda al que sucedió al comienzo del verano virtual.

A primeros de noviembre se produjo una nueva glaciación global, conocida como la Tierra Bola de Nieve (*Snowball Earth*), con glaciares en los trópicos y el ecuador imitando a la moderna Antártida. ¡Otra vez se congeló nuestro planeta casi por completo!



Figura 6. La Tierra Bola de Nieve.

¿Por qué se originó esa nueva glaciación? Pues no está claro, para variar. Sí es indiscutible que, si aumenta la nieve y el hielo, se refleja la radiación solar al espacio (el 90% de la que se recibe) y va aumentando el frío... y eso ocasiona más frío.

Claro que la pregunta es evidente... ¿Y a qué se debió el enfriamiento inicial? Pues hay hipótesis para todos los gustos: la erupción de un supervolcán o de los muchos que ocasionó el agrietamiento de Rodinia, alguna perturbación en el Sol, disminución de los gases del efecto invernadero (metano y CO<sub>2</sub>), etc.

Por fortuna, los denostados gases del efecto invernadero vinieron de nuevo en nuestra ayuda, posiblemente gracias a los volcanes y a la vida microbiana que emitía metano como producto de desecho... y también es posible que se liberase el metano depositado en el fondo del mar.

Sin embargo, algunos científicos afirman que no hubo una única glaciación, sino que se sucedieron varias glaciaciones globales que duraron unos cuantos millones de años, hace unos 710, 630 y 610 Ma (las fechas, como siempre, son una referencia y están sujetas a debate). Este ciclo quizás pudo deberse a que las aguas de la zona ecuatorial permanecieron en estado líquido o cubiertas con poco hielo.

Alrededor de 650 Ma, se piensa que el oxígeno en la atmósfera alcanzó niveles similares a los actuales y seguramente eso permitió el desarrollo de la vida multicelular. Se han encontrado fósiles de hace unos 580 Ma, la conocida como fauna ediacárica, que recuerda a los gusanos y a las medusas... Por cierto, en aquel tiempo, parece que el supercontinente estaba en el hemisferio sur y se le conoce por el nombre de Pannotia.

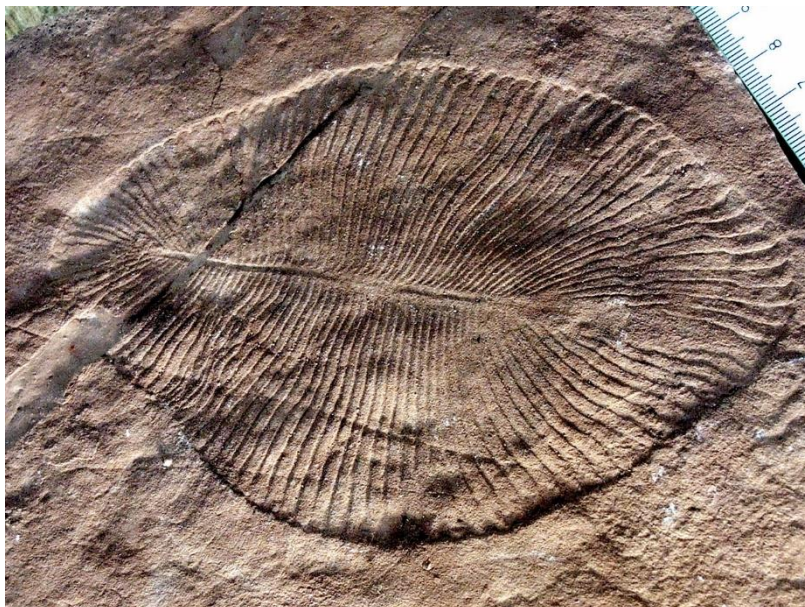


Figura 7. Fósil de la especie *Dickinsonia costata*.

## 20 DE NOVIEMBRE

Hace unos 500 Ma el clima estaba más o menos estabilizado y aprovechando esa bonanza aparecen los primeros animales marinos que crean conchas y caparazones. Como gracias a esa protección aumentaba su probabilidad de supervivencia, acabó por producirse un boom de ellos.

Seguramente los más populares son los trilobites, que se desaparecieron en una posterior extinción masiva 250 Ma más tarde. Por esa misma época, surgen las primeras plantas que, poco a poco, se irán adueñando de los continentes.

## 24 DE NOVIEMBRE

Hace 440-450 Ma ocurrió la primera extinción masiva de la historia de la Tierra, la llamada extinción Ordovícico-Siluriana. Se estima que el 85% de las especies marinas desaparecieron.

Todavía se ignoran las causas, porque no se han detectado, por el momento, ni grandes erupciones volcánicas ni impactos con cuerpos procedentes del espacio, que suelen ser los motivos habituales de los grandes desastres.

Una hipótesis conjetura que el supercontinente Pannotia ya se había fragmentado y sus partes se estaban reuniendo de nuevo, conformando otro nuevo supercontinente (Gondwana) que ocasionó una enorme glaciación al desplazarse al polo Sur. También es posible que colaboraran en este enfriamiento las plantas, que, al consumir bastante CO<sub>2</sub>, agotaron el oxígeno de los océanos.

Hay otra hipótesis todavía más catastrofista... que una supernova estalló en las proximidades de nuestro sistema solar, apenas a seis mil años-luz, y los rayos gamma mataron a todos los seres vivos que no vivían en las profundidades del océano.

## 28 Y 29 DE NOVIEMBRE

Y, como sucede siempre en la naturaleza, después de una gran extinción se produce un estallido de la vida, aprovechando todos los nichos biológicos que han quedado libres.

Hace 400 Ma había en abundancia oxígeno y agua y las plantas sufrieron un avance revolucionario... aparecieron las primeras hojas que capturaban la energía solar... Enseguida (¡qué son 40 Ma!) surgen los helechos y después los bosques... Y como las hojas debían ser un bocado apetitoso para la vida animal, los invertebrados (insectos, arañas, etc.) se propagaron por el planeta.

Mientras tanto, en los océanos ya habían aparecido los primeros vertebrados, los peces, que se adueñaron de los mares aprovechando el hueco que la anterior extinción había dejado. De hecho, el periodo Devónico (419-359 Ma) se conoce por *la edad de los peces* (ya por entonces aparecieron los primeros tiburones)... y de los peces surgieron, mucho tiempo después, los anfibios... y de ellos los mamíferos, entre quienes nos encontramos... ¿Estamos aquí gracias a que dio la casualidad de que la Tierra estaba cerca de una supernova cuando estalló?

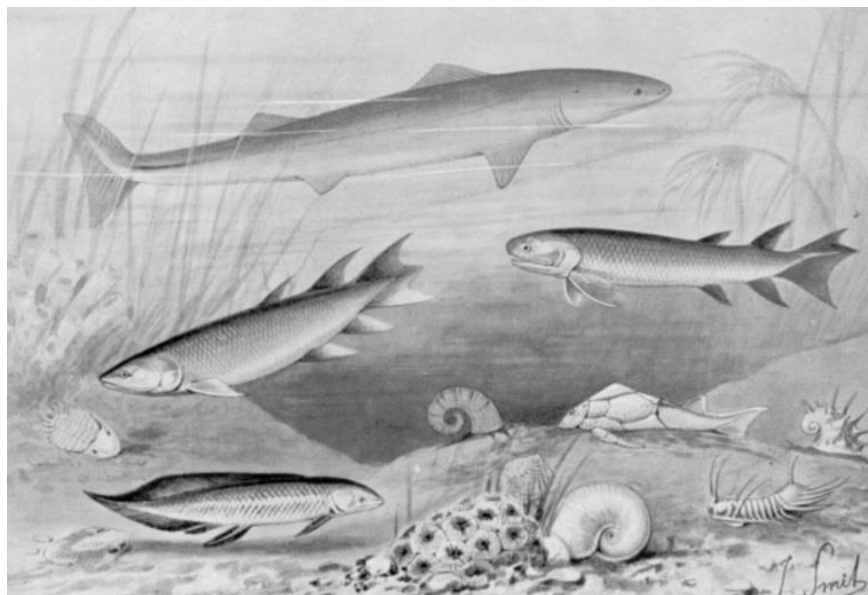


Figura 8. Peces en el periodo Devónico.

Hace 385 Ma (la Tierra estaba poblada por plantas e insectos y ya existían arrecifes de coral) se produjo la segunda extinción masiva, la del Devónico-Carbonífero, que afectó sobre todo a la vida marina, seguramente porque el oxígeno escaseó en los océanos. Se estima que más de los 80% de las especies se extinguieron.

¿Qué ocurrió? Pues tampoco se sabe... Se habla de una supererupción volcánica que disminuyó los gases invernadero y produjo un enfriamiento global... y otra teoría dice justo lo contrario, que la extinción fue causada por el calentamiento global.

También se habla de la caída de varios meteoritos y, en particular, de uno bastante grande que originó el cráter conocido por Anillo de Siljan, en Suecia.

## 1 DE DICIEMBRE

El inicio del último mes de nuestro año virtual, tuvo lugar hace 360 Ma y se conoce por el periodo Carbonífero. Su nombre alude a que entonces se formaron muchas capas de carbón, a causa de la abundancia de árboles (por entonces, las plantas desarrollaron las semillas).

Con el transcurso del tiempo, el oxígeno fue aumentando en la atmósfera, posiblemente porque el carbono se quedaba almacenado en las plantas muertas... Se estima que pasó del 18%, hace unos 380 Ma, a un 30%, hace 300 Ma (recordemos que ahora no llega al 21%). Tanto oxígeno favoreció el desarrollo de la vida animal, con insectos voladores de hasta 70 cm.

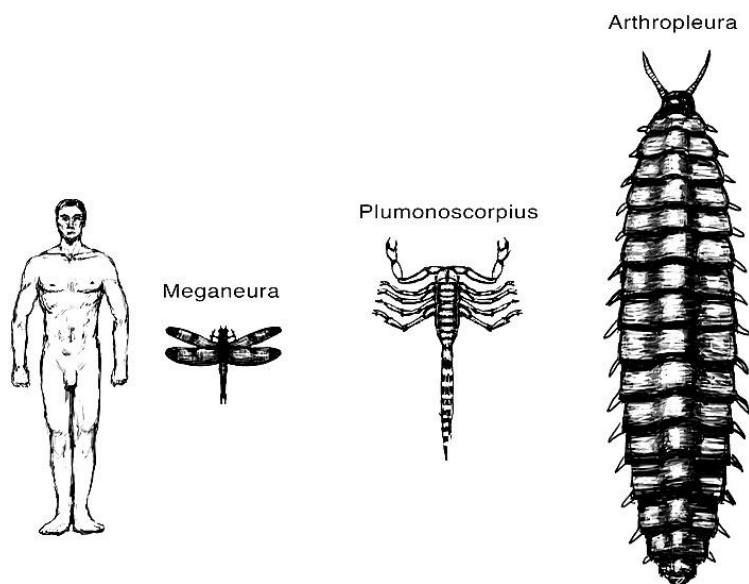


Figura 9. La abundancia de oxígeno propició el gran tamaño en los animales.

## DEL 10 AL 14 DE DICIEMBRE

Hace 252 Ma tuvo lugar la extinción del Pérmico-Triásico (la Gran Mortandad) que es, con mucho, la más severa ocurrida en nuestro planeta... Desapareció el 96% de las especies marinas y el 70% de las vertebradas terrestres. Como siempre, se han sugerido múltiples motivos, y es muy posible que varios de ellos coincidieran: impacto de un meteorito, grandes erupciones volcánicas, liberación de metano del fondo del mar y de los traps siberianos, demasiado oxígeno en la atmósfera, etc.

A favor del impacto exterior (el cráter de la Tierra de Wilkes en la Antártida encaja con esas fechas) juega el hecho de que la Gran Mortandad fue bastante rápida, a escala geológica.

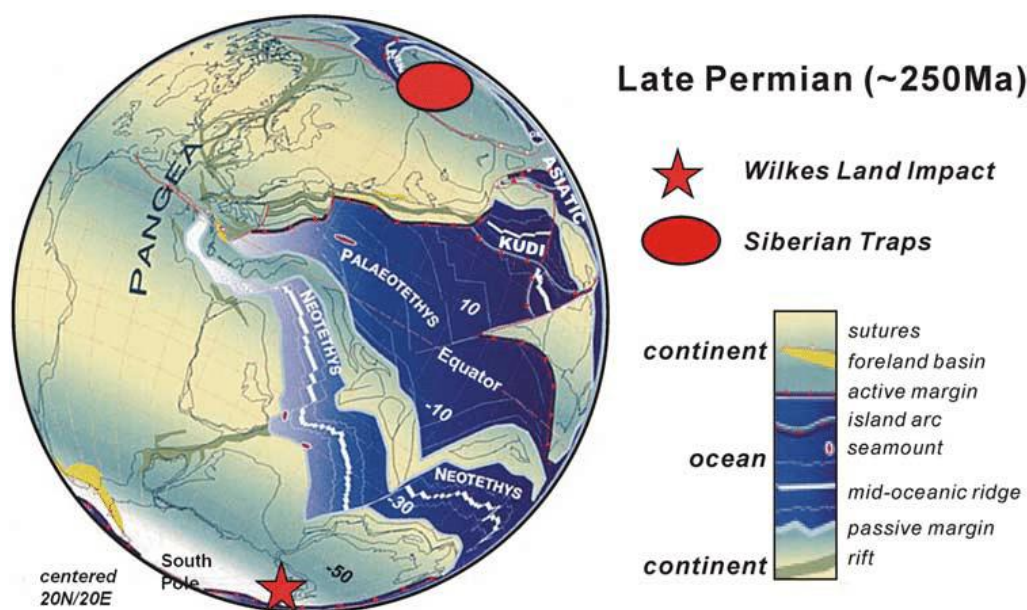


Figura 10. Dos posibles causas que están casi en las antípodas.

## DEL 11 AL 14 DE DICIEMBRE

Ahora, cuando sólo faltan apenas tres semanas para que concluya nuestro año virtual, es cuando la historia de nuestro planeta nos empieza a resultar más conocida.

Desde hace 251 Ma hasta 201 Ma se produce un boom espectacular de la vida (Triásico). Los reptiles dominan la superficie y empiezan a aparecer los dinosaurios. Al final de este periodo se cree que aparecieron los primeros mamíferos, que eran pequeñitos, como musarañas (decir que parecían ratas resulta un tanto incómodo para nuestro ego, ¿verdad?).

Hace unos 201 Ma se produjo la cuarta extinción masiva, la del Triásico-Jurásico, que afectó tanto a los mares (los peces sufrieron mucho menos que otras especies) como a la flora y los animales terrestres (los antiguos reptiles y grandes anfibios).

Pudo influir en ese brutal cambio climático que Pangea, el supercontinente de aquel entonces, estaba en el Ecuador y comenzó a estirarse (casi todo Pangea era un gran desierto). También pudieron contribuir los gases expulsados en las erupciones masivas de los volcanes, haciendo que las temperaturas subiesen, consecuencia del efecto invernadero... aunque, las pruebas parecen indicar que disminuyó el nivel del mar, lo que sugiere un enfriamiento... ¿Cómo puede ser? Pues es que depende del tipo de gases expulsados en las erupciones: con dióxido de carbono, calentamiento global; con dióxido de azufre, enfriamiento global.

Y para que no falte de nada, también en esta ocasión se habla del impacto de un asteroide, ocurrido hace 214 Ma, que formó el cráter de Manicouagan en Canadá. Aunque no parece ser la causa definitiva, sí que pudo dejar el sistema inestable y cualquier pequeño cambio posterior lo hizo derrumbarse; además, también hay huellas de otros impactos más pequeños por esa época.

Como siempre que ocurre una extinción masiva, otros animales no tardan en ocupar los nichos biológicos que han quedado libres. Hace 200 Ma comienza el Jurásico, caracterizado por el dominio de los dinosaurios, que no tienen que competir con los grandes anfibios, ya extinguidos.

El Jurásico se caracteriza por mucho calor y mucha humedad (se estima que había casi tres veces más CO<sub>2</sub> que en la actualidad). Eso supuso que la vida se desbordase y se produjese un boom demográfico, con animales de tamaño enorme, nunca visto antes.

## 25 DE DICIEMBRE

Para celebrar el día de Navidad de nuestro año virtual, tuvimos la fortuna de que nos tocara el premio gordo de la Lotería espacial. ¡De nuevo se produjo una extinción masiva en la Tierra, la del Cretácico-Paleógeno!

Hace unos 65 Ma cayó cerca de la península de Yucatán un meteorito de entre diez y dieciocho kilómetros. Parece pequeño, pero el impacto, cuya huella perdura en el cráter de Chicxulub, causó megatsunamis, incendios globales, terremotos, erupciones volcánicas, etc. Una hipótesis dice que produjo un enorme efecto invernadero... y otra afirma que el azufre soltado enfrió la temperatura y produjo una masiva lluvia ácida.

El caso es que el polvo acumulado en la atmósfera impidió la llegada de la luz solar y la fotosíntesis quedó colapsada durante casi una década. El cambio climático fue tan extremo que se extinguieron múltiples animales y plantas... Entre ellos destacan los populares dinosaurios (con excepción de las aves).

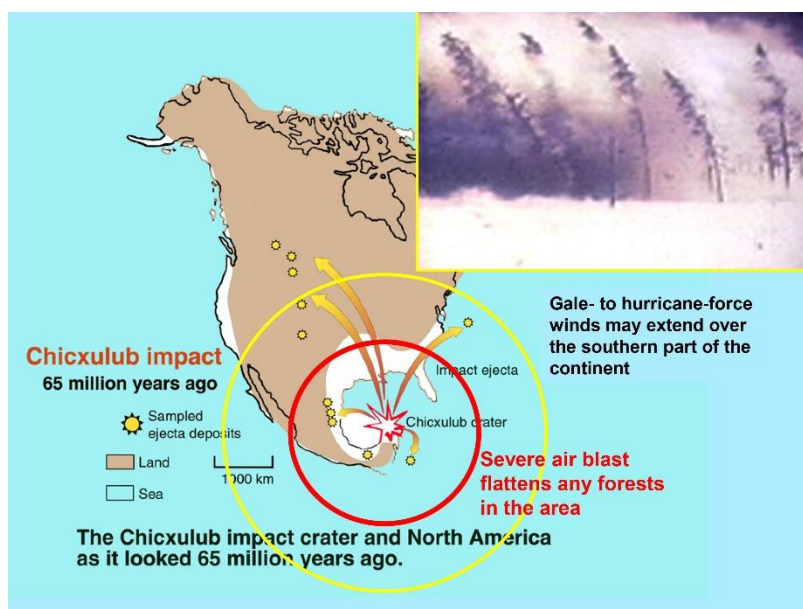


Figura 11. El impacto de Chicxulub.

Pero la naturaleza se despreocupa del pasado y siempre mira al futuro. Cuando queda un nicho biológico libre, es seguro que nuevas especies lo aprovecharán... y entonces no fue la excepción. ¡Menudo regalo de Navidad recibimos!

La caída de ese meteorito dio comienzo a la era Cenozoica, que llega hasta la actualidad, y se caracteriza por los movimientos de los continentes hacia sus posiciones actuales y, sobre todo, por el explosivo desarrollo de los mamíferos... ¡Estamos aquí gracias a ese meteorito!

Encima, al siguiente día virtual sucedió un cambio climático sorprendente, que se supone duró alrededor de doscientos mil años, el Máximo Térmico Paleoceno-Eoceno (PETM). ¡Las temperaturas globales subieron entre 5 y 8 grados!

¿Qué fue lo que causó ese PETM? Se intuye que hubo una inyección masiva de CO<sub>2</sub> y metano en la atmósfera, pero se desconoce de donde salieron estos gases, aunque la actividad volcánica siempre sirve para explicar casi todo, así como la liberación de metano almacenado en el fondo marino... y tampoco podía faltar la hipótesis de un impacto exterior; en este caso, de un cometa rico en carbono.

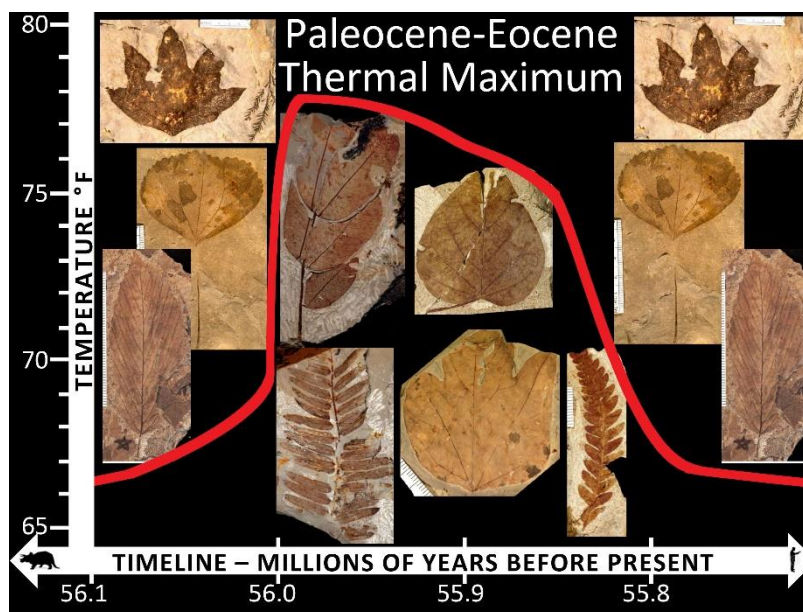


Figura 12. Subida extraordinaria de las temperaturas.

También es posible que influyesen en el inicio del PETM la circulación oceánica (aun no existía el istmo de Panamá y estaban conectados el Pacífico y el Atlántico) y la colisión de la India con Asia que dio lugar al Himalaya (que generó los monzones y dejó Asia Central con varios desiertos, como el Gobi).

Tanto calor debió de suponer una catástrofe ecológica descomunal, pero a los mamíferos nos vino de perlas para aumentar de tamaño... Por entonces aparecieron los primeros primates, caballos, etc.

## 28 DE DICIEMBRE

Hace unos 34 Ma algunos mamíferos tuvieron la ocurrencia de regresar al mar... dando origen más tarde a las ballenas y delfines.

Por aquel entonces, se produjo un brusco descenso de temperaturas y la Antártida comenzó a cubrirse de hielo. Como siempre, mucha agua congelada equivale a un descenso del nivel del mar, menos lluvia, desaparición de bosques, aparición de desiertos, etc.

## MEDIODÍA DEL 31 DE DICIEMBRE

Ya estamos en el último día del año virtual y, ¡por fin!, adquirimos un cierto protagonismo. ¡Apenas tenemos medio día de existencia!

Según todos los indicios, hace unos 14 Ma los simios africanos se separaron de los orangutanes... y hace unos 9 Ma los gorilas se apartaron de los otros primates (tribu Hominini)... que hace unos 6 Ma sufrieron una nueva subdivisión. Entonces fue cuando les dijimos adiós a nuestros primos más cercanos, los chimpancés y los bonobos (género Pan)... que divergieron hace menos de un millón de años, cuando quedaron separados por el río Congo.

¿Por qué evolucionamos separadamente de nuestros primos? Seguramente por un cambio climático que transformó las selvas en sabanas, donde los individuos que fueron capaces de caminar erguidos consiguieron sobrevivir. Aquellos primeros homínidos bípedos evolucionaron y dieron lugar a los Australopithecus, Homo habilis, Homo erectus, etc.



Figura 13. Reconstrucción de Lucy, nuestra más famosa antecesora (vivió hace 3,2 Ma).

Por aquella época, también sucedió algo que, sin ser tan importante como lo anterior, sí debió ser impactante y, como hay gente que lo desconoce, aprovecho la oportunidad para comentarlo.

Resulta que, al levantarse la cordillera que enlazaba la Penibética con el Atlas, se cerró el estrecho que comunicaba el Atlántico con el Mediterráneo y, debido al clima seco de la época, este último fue encogiéndose, volviéndose cada vez más salado (una especie de Mar Muerto) y extinguiéndose sus peces (la crisis salina del Messiniense).

El Mediterráneo estaba agonizando cuando la presión o un hundimiento tectónico acabó por romper el bloqueo (el peñón de Gibraltar es un resto de la brecha que se hizo) y se produjo la llamada inundación zancliense. Teniendo en cuenta que había más de un kilómetro de altura entre el océano y el mar, es creíble la hipótesis de que se llenó el Mediterráneo en sólo un año o dos.

¡El espectáculo tuvo que ser increíble!



Figura 14. El Mediterráneo antes de la inundación zancliense.



## UNAS HORAS ANTES DE FINAL DEL AÑO

El llamado período Cuaternario se inició cuando faltan solamente unas cinco horas para terminar el año virtual (hace unos 2,6 Ma) y se caracteriza por la aparición del Homo sapiens... y por las glaciaciones más o menos cíclicas.

Centrémonos en el clima del último millón de años, que seguramente es el que mejor nos puede servir de referencia para deducir que nos deparará la naturaleza en el futuro próximo.

Como observamos en la siguiente gráfica, que muestra información sobre los últimos ochocientos mil años, se han sucedido cíclicamente las oleadas de glaciaciones, separadas entre sí por periodos más templados o cálidos, de menor duración.

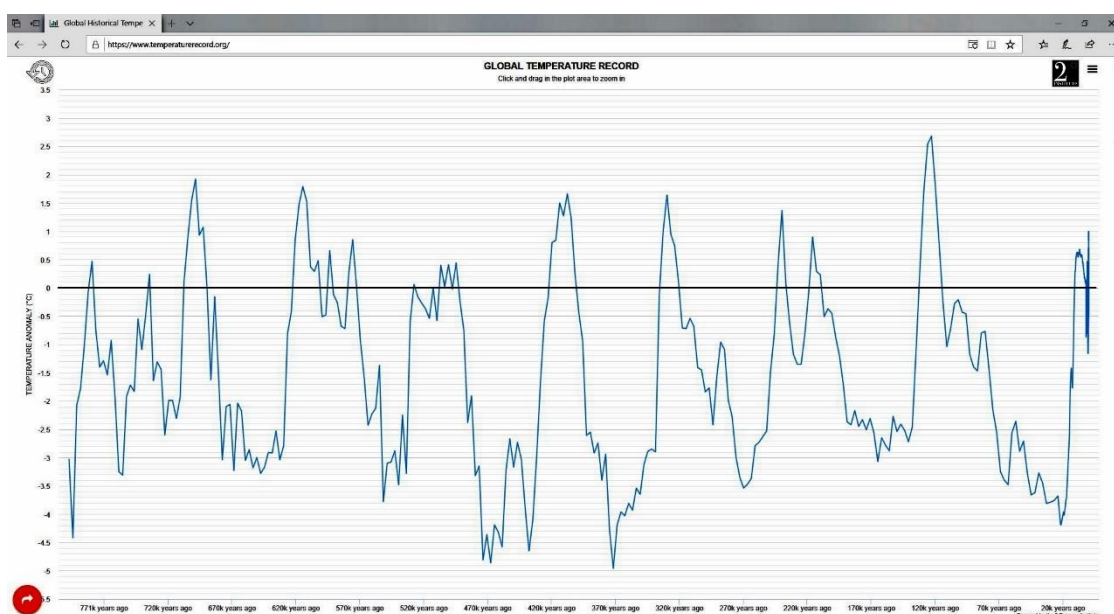


Figura 15. <https://www.temperaturerecord.org/>.

Se piensa que lo primero que se hiela en estas glaciaciones periódicas es Canadá y la parte norte de Estados Unidos, conformando lo que se conoce como el manto Laurentino... ¡Una capa de hielo que, en su apogeo, tiene varios kilómetros de grosor y cuyo peso hunde las tierras centenares de metros!

Algo después, los glaciares acaban cubriendo el norte de Europa... Al haber tanta agua congelada en la superficie, el nivel del mar baja más de cien metros, de modo que Inglaterra está unida al continente, Japón a Corea, Siberia a Alaska, etc.

¿Por qué se producen estos ciclos? Pues la verdad es que no se sabe; hay hipótesis muy variadas: cambios en la órbita de la Tierra (los ciclos de Milankovic), las ubicaciones de los continentes que varían las corrientes oceánicas, la disminución de CO<sub>2</sub> atmosférico, la radiación cósmica galáctica, el vulcanismo, etc.

Lo único que resulta indiscutible es que los seres humanos no hemos influido en las glaciaciones, porque no pintábamos apenas nada hasta hace unos pocos miles de años.

Aunque la expresión "*cien mil años de glaciación y veinte mil de tiempo cálido*" es fácil de recordar, hemos visto en la figura anterior que no es completamente exacta, porque la duración de los periodos glaciales ha variado de 70.000 a 100.000 años y los cálidos interglaciares (como en el que nos encontramos ahora) han durado de 10.000 a 30.000.

## 13 MINUTOS ANTES DE FINAL DEL AÑO

Hace 115.000 años empezó la última glaciación (Würm) y durante ella la temperatura fue entre ocho o diez grados menos que ahora. Sólo África conservó un clima templado y, gracias a esa circunstancia, allí pudo prosperar nuestra especie... ¡Aunque estuvo a punto de extinguirse hace unos 75.000 años!

¿El motivo? Un antiguo volcán que entró en erupción y cuya caldera resulta ser ahora el lago Toba, que mide unos cien kilómetros de largo y está en Sumatra.

Por lo visto, aquella erupción (¡toda una supererupción en realidad!) ocasionó un invierno global durante varios años (entre seis y diez), con una disminución global de la temperatura de unos tres grados. Además de una enormidad de cenizas (hasta quince centímetros de espesor alcanzaron en el sur de Asia), se estima que lanzó a la atmósfera diez mil millones de toneladas de ácido sulfuroso y seis mil millones de toneladas de dióxido de azufre.

Se considera la erupción volcánica más explosiva de los últimos 25 millones de años. Es, sin duda, la mayor que jamás ha padecido la humanidad.



Figura 16. Toba, la supererupción más potente.

Según la denominada "Teoría de la catástrofe de Toba", la hambruna producida por la erupción redujo la población humana a unas pocas decenas de miles de personas y se presupone que la mayoría sobrevivió en la costa del sur de África, donde el mar les brindaba un acceso relativamente fácil a los recursos costeros (¿por eso nos gusta tanto el marisco?).

Por fortuna, nuestros ancestros consiguieron superar esa catástrofe... que trajo como consecuencia una merma de la diversidad genética. ¡Una especie que llevaba unos cientos de miles de años de evolución debería tener mucha más variedad genética!

De hecho, la genética parece haber demostrado que por aquel entonces la humanidad se encontró en un cuello de botella... porque todos los seres humanos que vivimos en la Tierra descendemos de un reducido número de parejas reproductoras, entre mil y diez mil, que existieron hace unos 70.000 años.

¡Qué iguales somos!

## LOS DOS ÚLTIMOS MINUTOS DEL AÑO

Hace 16.000 años comenzó a cambiar de nuevo el tiempo en Europa (se desconoce el motivo), aunque hubo fases cortas de calor y frío. Una de ellas (Dryas Reciente, hace unos 12.000 años) supuso un regreso sorprendente y abrupto a las condiciones glaciares. ¿Por qué razón? Se piensa que impactó con la Tierra un cometa... Clovis, de unos 4 km.

Lo sorprendente del caso es que se vincula la caída del cometa Clovis con el nacimiento de la agricultura. ¿Por qué? Porque el clima frío y seco que se produjo durante el Dryas Reciente redujo la caza disponible y los alimentos a recolectar... y, como de algo había que sobrevivir, se comenzó a cultivar cereales (trigo y cebada) y algunas legumbres.

El descubrimiento de la agricultura (y la ganadería) proporcionó el sustento para que hubiese un boom demográfico y el posterior desarrollo de la civilización, pero a cambio de propiciar un gran apedotonamiento que favoreció las epidemias, la malnutrición, etc.

A partir de entonces, la humanidad comenzó a dejar su impronta en el clima global; muy pequeña al principio, pero cada vez mayor. Por ejemplo, hace apenas nada, entre cinco mil y diez mil años (Período Húmedo Africano), el Sáhara era verde, con grandes lagos y lluvias constantes. Aquellas condiciones eran tan buenas que la natalidad se disparó.



Figura 17. Antiguos lagos en el Sáhara.

Si el Sáhara fue una especie de vergel, ¿cómo volvió a transformarse en un desierto? La respuesta no está nada clara; se habla de que el monzón que lo regaba, impidiendo las emisiones de polvo, cambió a su situación actual, que el agua dulce que echaban al océano los icebergs al derretirse cambió los patrones de las corrientes de agua que circulan a lo largo del planeta, etc.

Pero no me resisto a comentar una hipótesis que pudo entremezclarse con las anteriores y, en mi opinión, tiene visos de verisimilitud, porque algo similar ha sucedido en muchos otros sitios del planeta a lo largo de la historia.

Conforme fue aumentando la población se fueron necesitando nuevas tierras de pasto y cultivo, para poder alimentarla... y se acudió al viejo truco de quemar zonas con arbustos, arbolado, etc.... y esa pérdida de vegetación inició un bucle retroalimentado cuyo resultado final ya conocemos. ¡El mayor desierto del mundo!

Sí, la civilización influye en el clima, pero también es cierto que el flujo es mucho mayor en el otro sentido. Por ejemplo, el auge del imperio romano, desde el 100 AC al 200 DC, coincidió una época de calor; se estima que la temperatura media fue un grado superior a la actual... Cuando apareció el frío y, por tanto, las sequías, las cosechas disminuyeron y las enfermedades aumentaron; aquel cambio climático supuso el principio del fin de Roma.

Tampoco debemos olvidarnos de los volcanes, que siempre están a nuestro lado y nos recuerdan su presencia con sus erupciones. Veamos seguidamente algunas de las más importantes que han tenido lugar en el pasado más reciente, sobre las que conocemos bastante bien sus efectos y consecuencias, gracias a disponer de registros históricos.

La erupción de Santorini, que ocurrió hace unos 3.600 años, fue una de las más potentes de los últimos milenios (cuatro veces la del Krakatoa de 1883) y tuvo una gran influencia en Mediterráneo. Además de tsunamis y terremotos, la contaminación atmosférica ocasionó una hambruna en Creta (la civilización minoica se extinguió); también en Egipto y el resto del mundo (hasta en China se refirieron a esos años como aquellos en que se marchitaban los cereales)... Por cierto, es posible que aquella erupción diese lugar a los mitos de la Atlántida y de las plagas de Egipto.

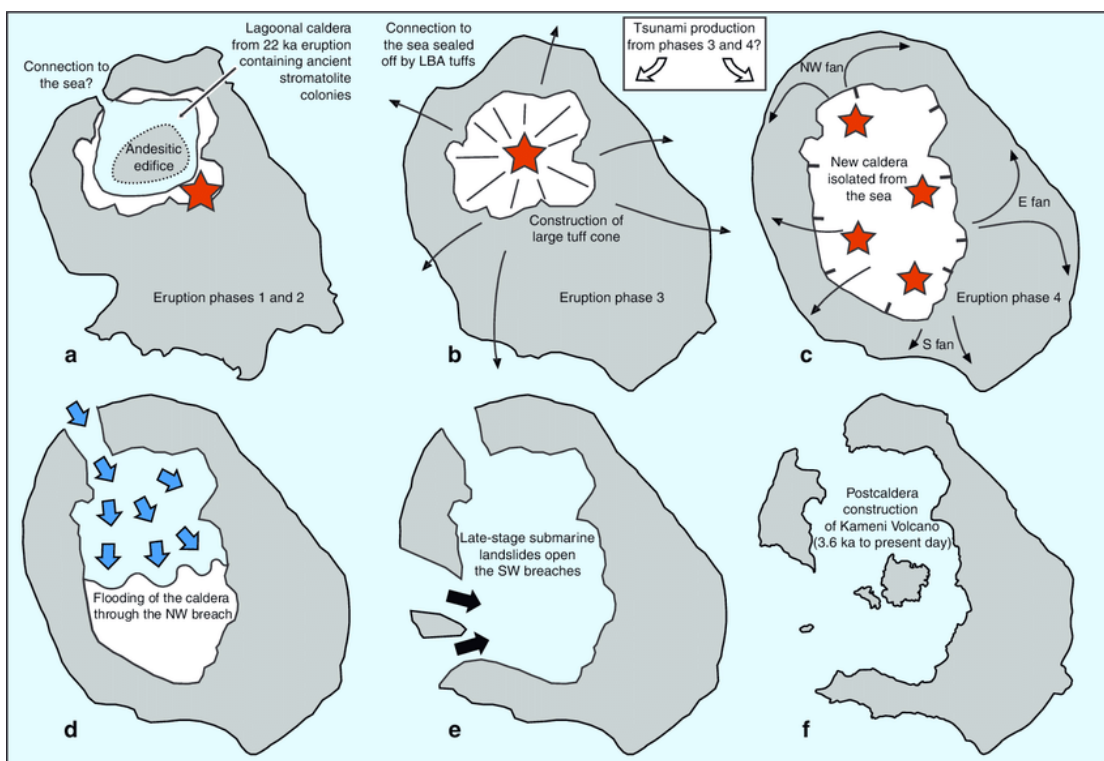


Figura 18. Fases en la erupción de Santorini.

En el siglo VI hubo un periodo de enfriamiento (PEHAT o LALIA) debido a que se sucedieron varias erupciones volcánicas por el planeta (Ilopango en el Salvador parece ser que fue la mayor) y la temperatura global disminuyó unos dos grados. El frío ocasionó hambres, epidemias y se estima que la tercera parte de la gente de Europa murió... Claro que, por la misma época, aumentó la lluvia en la península arábiga y, quizás, eso favoreció el posterior desarrollo del islam.

Un milenio más tarde, de nuevo el frío nos jugó una mala pasada. La Pequeña Edad de Hielo (PEH o LIA) se extendió del siglo XV al XIX por toda Europa; largos periodos de frío, seguidos de cortos calentamientos leves. Las hambrunas y enfermedades causaron una gran mortandad. Si bien se considera que el Norte lo pasó mucho peor, aquí tampoco se debía estar muy bien: el Ebro estuvo helado durante quince días en 1789 y los actuales glaciares de los Pirineos se formaron entonces.

¿Por qué ocurrió ese cambio climático? Pues no se sabe y, entre las posibles causas, están las de siempre: ciclos orbitales, circulación oceánica, actividad solar, etc., si bien hay una que resulta un tanto llamativa... por su origen antropogénico.

Algunos investigadores sugieren que la pandemia conocida como la Peste Negra causó la muerte de tantos millones de personas (Europa perdió hasta la mitad de su población) que la actividad agrícola se redujo, los bosques volvieron a crecer y absorbieron tanto CO<sub>2</sub> de la atmósfera que se produjo el enfriamiento... Y en América también sucedió algo similar cuando llegaron los europeos y hubo una gran mortandad indígena a causa de la propagación de enfermedades epidémicas.

Claro está que los volcanes también contribuyeron a ese cambio climático y sus erupciones se sucedieron durante la PEH: Samalas (1257), Kuwae (1452) y muchas otras más, para finalizar con el Tambora, cuya erupción (abril de 1815) es la más potente de la historia... humana.

El Tambora lanzó tanto SO<sub>2</sub> a la estratosfera que, al año siguiente (1816), todo el hemisferio Norte sufrió las consecuencias, con más frío, pérdida de cosechas y las subsiguientes hambrunas; se le conoce por el "Año sin verano".

Y, para terminar, ¿cómo no hablar de la influencia que ha tenido la erupción del Tambora en la literatura?... En junio de 1816 Lord Byron estaba en Suiza con un grupo de amigos; como no salían al exterior, debido al pésimo tiempo reinante, decidieron distraerse haciendo un concurso, a ver quién escribía la historia más terrorífica... El relato de Mary Shelley fue la base de su "Frankenstein" (1818) y el de John William Polidori de "El vampiro" (1819), precursor de Drácula.

## CONSIDERACIONES FINALES

Como hemos visto, la historia de nuestro planeta nos enseña que las supererupciones volcánicas y los impactos de cuerpos que llegan del espacio han sido las causas de las mayores extinciones; son las dos grandes amenazas que pueden aniquilar gran parte de la vida en la Tierra y, con toda seguridad, nuestra civilización.

Otro de los grandes peligros que nos acecha estuvo en primera página hace unas décadas, aunque ahora parece ser que nos hemos olvidado de él: el arsenal nuclear. Si se llega a utilizar algún día, es indiscutible que puede convertir nuestro planeta en inhabitable y, sin embargo, apenas nadie habla de desmantelarlo. ¡Sorprendente!

¿Y qué pasa con el llamado cambio climático, con las emisiones de gases de efecto invernadero? Es de sentido común que debemos cuidar al máximo el planeta en el que vivimos y renunciar a llenarlo de basura y contaminación. También es evidente que, desde que la humanidad se hizo sedentaria, fue influyendo en el clima, con talas sistemáticas, cultivos, ganadería, etc.; y, más tarde, con la revolución industrial, la emisión de CO<sub>2</sub> se disparó exponencialmente.

Ahora bien, ¿qué consecuencias traerá esta subida? Aquí está la madre del cordero, porque se ignora qué sucederá. Simulaciones muchas, pero nada más... De hecho, todavía no está claro si al aumentar el CO<sub>2</sub> aumenta la temperatura o si sucede al revés, que al aumentar la temperatura el CO<sub>2</sub> disuelto en el mar sube a la atmósfera.

Sí es cierto que la inmensa mayoría de científicos apoya el consenso sobre el cambio climático antropogénico, pero no la totalidad... y debo recordar que las verdades científicas nunca se deciden por mayoría, sino por encajar con hechos demostrados.

Y es que también existen científicos escépticos sobre las aseveraciones del calentamiento global, que discrepan del consenso mayoritario. Por ejemplo, en su famoso artículo de 2007, el prestigioso físico Antonino Zichichi decía:

*En los últimos 500 millones de años, la Tierra ha perdido, cuatro veces, sus capas polares: sin hielo en el Polo Norte ni en el Polo Sur. Y, cuatro veces, los casquetes polares se reconstituyeron. El hombre no existía entonces, solo los llamados rayos cósmicos, descubiertos por la humanidad a principios del siglo XX. La última edad de hielo cósmica comenzó hace 50 millones de años cuando entramos en uno de los brazos de la galaxia. El flujo de rayos cósmicos alcanzó su apogeo hace casi 30 millones de años. Ahora estamos en el proceso de alejarnos del brazo y, por lo tanto, la evolución del clima de origen cósmico, durante unos pocos millones de años, será hacia temperaturas más altas.*

Y en un artículo más reciente (*il Giornale* 30 septiembre 2019) explica la situación muy claramente, en su habitual línea divulgativa... ¡A sus noventa años!

*Cabe señalar que el cambio climático y la contaminación son dos cosas completamente diferentes. Atarlos significa posponer la solución. Y, de hecho, la contaminación se puede combatir de inmediato sin problemas, prohibiendo la introducción de venenos en el aire. El calentamiento global es otra cosa, ya que depende del motor meteorológico dominado por el poder del Sol. Las actividades humanas afectan un 5%; el otro 95% depende en cambio de fenómenos naturales vinculados al Sol. Atribuir a las actividades humanas el calentamiento global carece de fundamento científico. Las Matemáticas no permiten hacer tal predicción.*

¿Qué ocurrirá con nuestro planeta si sigue subiendo el CO<sub>2</sub>? Pues que lo asimilará y tirará para adelante... ¿Y por lo que respecta a la humanidad? De nuevo la respuesta es un *no se sabe*. Es de suponer que en unas zonas se pasará muy mal y en otras al revés, porque puede empeorar el clima en un sitio y, en cambio, mejorar en otro. Si continuamos con el ritmo cíclico del último millón de años, dentro de cinco, diez o veinte mil años, de nuevo vendrá otra glaciación... ¿Y si la retrasa el CO<sub>2</sub>? ¿Y si hace llover donde ahora es un desierto?

De todas formas, resulta bastante irónico que estemos tan obsesionados con el calentamiento global cuando, durante toda la existencia de la especie humana, el frío ha sido una de nuestras mayores amenazas... ¡Aunque también es verdad que nunca hemos sido tan numerosos!

En mi opinión, la superpoblación es un peligro que no se toma realmente en serio. Leí una vez que *la Tierra tiene fiebre y los seres humanos somos la infección...* y considero que se trata de una afirmación bastante acertada. Mientras la demografía siga creciendo, me temo que disminuir nuestras emisiones de CO<sub>2</sub> va a resultar prácticamente imposible... Dejando de lado el que emitimos los animales al respirar, ¿le decimos al campesino que quema un bosque, para tener más terreno de cultivo y poder alimentar a su familia, que no lo haga aunque pasen hambre, porque arroja CO<sub>2</sub> a la atmósfera? ¿Le decimos a China, que es el país más contaminante, que reduzca sus emisiones y frene su crecimiento industrial?... ¿Y si no nos hacen caso, aunque se lo pidamos amablemente?

INCENDIO AMAZONAS >

## África arde más que la Amazonia

Unos 10.000 incendios están activos solo en Angola y Congo frente a los 2.127 de Brasil. Los campesinos usan los fuegos como técnica agrícola, pero un 10% queda fuera de control

Figura 19. *El País*, 28-08-2019.

¿Debemos combatir el aumento de CO<sub>2</sub>, asociado al cambio climático? Seguramente, pero si eso conlleva destinar la práctica totalidad de recursos a esa única cuestión, me temo que será un error garrafal, porque precisamos invertir mucho dinero en ciencia y tecnología si queremos enfrentarnos a nuestras grandes amenazas: impactos exteriores y supererupciones... Sin olvidarnos de otros peligros que sí dependen de nosotros: superpoblación, arsenal nuclear y contaminación.