

Preámbulo

Empezar este libro diciendo que nuestro planeta nació hace unos 4500 millones de años (Ma) no es desviarnos del tema, en absoluto. El momento y la manera en los que la Tierra comenzó su andadura por nuestra galaxia son aspectos básicos para comprender su posterior desarrollo como planeta, así como la vida que albergó y las diferentes crisis que esta tuvo. Como veremos hacia el final de este capítulo, todo esto es clave para entender el desarrollo de este libro.

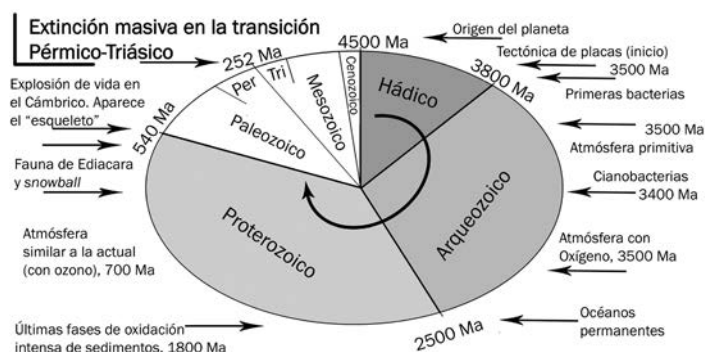
La Tierra es un planeta complejo que apareció en el universo cuando este estaba en plena expansión y ya contaba con una historia de algo más de 8000 Ma. Ha tenido una evolución convulsa, pero fascinante, marcada por diferentes fases que aparecían por sorpresa (figura 1). Desde sus primeras etapas, nuestro planeta ha evolucionado mediante la interacción de diferentes procesos físicos y químicos. Estos han actuado de manera encadenada, dependiendo unos de otros para alcanzar etapas de desarrollo cada vez más complejas, es lo que entendemos como el sistema Tierra.

El calor es el motor que ha estado detrás de este desarrollo desde el principio, es también la palabra clave para entender la evolución de la Tierra y será el hilo conductor de este libro. El calor es una forma de energía que procede del propio planeta, desde su núcleo, pero también del exterior, básicamente del

Sol. Esta energía, sin embargo, nunca ha llegado de forma constante y la Tierra, en cada caso, ha dado su respuesta. El Sol era una estrella joven cuando la Tierra se encontraba en sus primeras etapas de evolución; tenía poco helio y emitía una luminosidad un 30% inferior a la que emite en la actualidad. Como resultado, la energía que emitía en forma de calor era inferior a la que llegaba desde el interior del propio planeta. Esa tendencia fue cambiando poco a poco con el lento pero progresivo enfriamiento del planeta, hasta la actualidad, en que la temperatura que llega desde el Sol es unas 4000 veces superior a la que procede del interior de la Tierra.

FIGURA 1

El tiempo desde el comienzo de la Tierra como planeta con algunos de los procesos o eventos que han sido claves en su evolución y que se describen en el libro.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

El calor del planeta se generó en sus primeros estadios evolutivos, cuando la Tierra todavía constituía una masa amorfa. En esa etapa, su superficie estaba desprotegida y los meteoritos y cometas hicieron diana en ella de forma permanente. El impacto de los cometas fue decisivo para traer elementos que serían fundamentales en la evolución de nuestro planeta, como hierro, magnesio y sodio, así como silicatos, amoníaco y metano, pero también trajeron agua en forma de

hielo, fundamental para el desarrollo de los océanos que se instalarían más tarde. Estos impactos, unidos a la desintegración radiactiva de elementos almacenados en el planeta desde su origen, generaron el calor necesario para dar paso a nuevas etapas de su evolución. Para hacernos una idea, el calor que en la actualidad se emite desde el núcleo hacia la superficie del planeta es de unos 40 teravatios (TW), aproximadamente la energía que proporcionan unas 10 000 centrales nucleares juntas.

El planeta empezó a perder calor desde aquella etapa inicial de forma lenta pero constante. Una de las primeras consecuencias derivadas de ese enfriamiento parcial fue precisamente la diferenciación en la Tierra de un núcleo, un manto que lo envuelve y una delgada corteza que, a modo de piel, constituye la superficie del planeta. Esta diferenciación obedece básicamente a una disposición vertical de los materiales que constituyen la Tierra en función de la composición, temperatura y densidad. Así, elementos como el hierro y el níquel se concentraron en el núcleo y otros más ligeros como silicio, aluminio, calcio, magnesio, sodio, potasio y oxígeno pasaron a constituir la corteza rocosa.

Con esta diferenciación y transmisión de calor hacia la superficie, en el manto se formaron células de convección, algo parecido a lo que observamos en un cazo con agua hirviendo. Como veremos con detalle, el movimiento de estas células provoca el desplazamiento lateral de diferentes bloques, o placas litosféricas, que ensamblan la superficie del planeta, y están constituidas por la corteza y la parte más alta del manto. En su desplazamiento, estas placas chocan entre sí y pueden plegarse constituyendo cordilleras, o deslizarse una debajo de otra; es decir, se crea una dinámica particular, conocida como tectónica de placas. Estudios recientes sitúan en unos 3900 Ma el comienzo de esta dinámica. El deslizamiento de una placa bajo la otra, o subducción, es una forma de fagocitación que la Tierra ejerce sobre sí misma. Cuando introduce material de la corteza en su interior, también incorpora alto contenido en uranio, torio y potasio, elementos

radiogénicos (generados por transformación, o decaimiento radiogénico, de otro elemento) que ayudan a mantener el calor interior mediante su desintegración.

Otra consecuencia de la pérdida paulatina de calor en la Tierra fue la liberación, también a través de volcanes y grandes fisuras, de gases que estaban disueltos y atrapados en el magma caliente. Este proceso, conocido como desgasificación, liberó compuestos volátiles como hidrógeno, sulfuro de hidrógeno y óxido de carbono, pero también agua. La acumulación y condensación de este último compuesto dio paso a una atmósfera primitiva que también contenía cloro, nitrógeno, monóxido y dióxido de carbono. Esta atmósfera primaria se formó en un periodo relativamente corto, entre 3800 y 3500 Ma, es decir, entre 700 y 800 Ma después del origen del planeta. Si la comparamos con la atmósfera que tenemos hoy, aquella era pobre en oxígeno y ácida. Pero hubo algo más: debido al paulatino enfriamiento de la Tierra, el agua en forma de hielo que nos habían traído los cometas dejó de estar en permanente evaporación y pasó a condensarse y precipitar en forma de líquido en la superficie del planeta. Estas nuevas condiciones dieron lugar a extensas acumulaciones de agua y a los primeros océanos, que se terminarían afianzando en el planeta hace unos 2500 Ma.

Habían pasado unos 1000 millones de años desde el origen de la Tierra y esta ya disponía de una atmósfera primitiva y unos océanos, pero todavía ácidos y calientes. Aunque eran condiciones nada atractivas para pensar en la vida, sin embargo, unos microorganismos muy sencillos, bacterias procariotas u organismos unicelulares sin núcleo diferenciado, aparecieron hace unos 3800 Ma, cuando comienza el eón arcaico y termina el hádico. Se trata de los primeros organismos conocidos en nuestro planeta. Las condiciones en las que vivieron fueron tan difíciles que estuvieron sin compañía durante casi 500 Ma, hasta que otros atrevidos microorganismos aparecieron, las cianobacterias. Estas bacterias eran capaces de realizar fotosíntesis, proceso que marcaría una nueva fase evolutiva en nuestro planeta. Ya tenemos la vida.

Mediante la fotosíntesis, las cianobacterias liberaron oxígeno a la atmósfera a través de una combinación entre el dióxido de carbono y el agua, reacción que, a su vez, producía carbohidratos y azúcares, que servían de alimento a esas y otras bacterias. El oxígeno, aunque apareció como un desecho, terminaría dando más juego de lo esperado. La demanda sobre este elemento no se hizo esperar. Cuando el oxígeno empezó a ser abundante, las mismas cianobacterias que lo habían eliminado aprendieron a aprovecharlo para su propia respiración. Por otro lado, había una gran abundancia de hierro en la Tierra retenido en los sedimentos. Este elemento buscó con avidez al oxígeno para oxidarse, pero era tal la cantidad de sedimentos con hierro por oxidar que el proceso duró más de 1500 Ma, desde la aparición de ese elemento hasta hace unos 1800 Ma. En definitiva, al ser requerido por todos, el oxígeno no llegó a alcanzar el volumen necesario para ser retenido en aquella débil atmósfera hasta pasado mucho tiempo. Todos querían sacar provecho de él.

La generosidad del oxígeno con nuestro planeta no había terminado. Todavía le faltaría poder rematar algunas reacciones químicas que darían pie al desarrollo de un planeta mucho más cercano al que hoy conocemos. Llegó un momento en el que las oxidaciones en los sedimentos acumulados empezaron a quedar saturadas y la demanda sobre el oxígeno fue decayendo paulatinamente. Esto sucedió hace unos 700 u 800 Ma, al final del eón proterozoico, cuando las rocas en los continentes mostrarían un tono rojizo generalizado debido a los procesos prolongados de oxidación, aspecto que recordaría más a la imagen que hoy vemos de Marte. Llegada esta situación, el oxígeno pudo acumularse poco a poco hasta alcanzar el 20% del total de la atmósfera, un valor muy próximo al que tenemos hoy. Y fue en esas condiciones cuando este elemento reaccionó para volver a cambiar el rumbo del planeta. La reacción en la atmósfera de una molécula biatómica de oxígeno (O_2) con un átomo libre de este mismo elemento, más la radiación solar, produce ozono (O_3). Este gas, que se concentra en una capa fina de la atmósfera, retiene las

emisiones de la radiación ultravioleta de onda corta procedente del Sol, que es letal para los organismos, al tiempo que permite la entrada de aquella de onda más larga, que es necesaria para la vida.

Entre unas reacciones químicas y otras, y mucho tiempo por medio, hace unos 640 Ma la Tierra alcanzó unas condiciones en las que albergó continentes, océanos, atmósfera con oxígeno y un escudo que protegía de los rayos ultravioleta. En este contexto aparece una fauna muy particular y enigmática, conocida como fauna de Ediacara, por ser descrita en la región con este nombre del sur de Australia. Esta fauna, hallada a mediados del siglo XX por el geólogo Reginald Sprigg, y suponemos que con gran sorpresa por su parte, ya que nadie se esperaría este hallazgo en rocas tan antiguas, estaba constituida por organismos de cuerpo blando en los que se han identificado hasta 30 géneros, pero de los que todavía sabemos muy poco. Tampoco conocemos los motivos por los que esta fauna desapareció en torno a los 570 o 540 Ma, unos 100 o 150 Ma después de su aparición. Sabemos, eso sí, que esta fauna coexistió con la etapa más fría que ha vivido el planeta, conocida como Tierra blanca o *snowball*, etapa todavía misteriosa en la que los continentes y gran parte de los océanos estaban cubiertos por hielo. Lo importante, en el caso de esta obra, es que se vislumbraron unas primeras condiciones para habitar el planeta y que la vida estaba buscando un sitio para quedarse.

Poco después de desaparecer la fauna de Ediacara se produce una nueva explosión de vida, mucho más compleja que la anterior, denominada radiación del Cámbrico, justo cuando comienza el eón fanerozoico, que incluye a las eras Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico (figura 1). Esta explosión de vida encierra un secreto que marcará un cambio radical en ella, un antes y un después: se trata de la evolución en la mineralización de algunas partes del animal hasta convertirlas en partes duras, lo que terminaría siendo el esqueleto de los animales tal y como lo conocemos hoy. Es fácil pensar que este paso diese inmensas posibilidades evolutivas en el desarrollo

de la vida, pues la dureza de las partes mineralizadas podía variar en cada caso facilitando diferentes alternativas estructurales en el desarrollo de los distintos grupos animales.

Esta nueva explosión de vida, que dura unos 40 Ma, nos lleva a una idea fundamental: la vida se ha encarrilado definitivamente. Ha tenido que pasar hasta el 87% de la historia de la Tierra para poder decir que había comenzado el desarrollo y evolución de los organismos pluricelulares que nos llevó hasta los diferentes reinos de seres vivos que hoy conocemos. Ya era un proceso imparable, con sus altibajos y algunas crisis, pero un proceso en marcha. Sin embargo, era necesario llegar a este punto para contar que hace 252 Ma, en la transición de los periodos Pérmico y Triásico, la vida en este planeta sufrió una crisis de tal envergadura que casi hay que volver a poner el contador a cero. Todo fue muy rápido, pero hoy tenemos muchos datos para explicar lo que pasó. Nuestro planeta cambió y con el cambio llegaron los dinosaurios, las aves y los mamíferos. Sobre esta crisis y su posterior recuperación es de lo que versan los siguientes capítulos.