

Formación y evolución de la atmósfera terrestre

J. Rubén González Cárdenas

La atmósfera es la envoltura gaseosa que rodea a nuestro planeta y su existencia es posible por la gravedad terrestre. Comenzó a formarse hace unos 4,600 millones de años con el origen de la Tierra. En los primeros 500 millones de años, la atmósfera empezó su evolución; era extraordinariamente densa por el vapor y los gases expelidos durante el continuo acomodo del interior de nuestro joven planeta. Los gases que la componían podrían haber sido hidrógeno (H_2) vapor de agua, metano (CH_4), helio (He) y óxidos de carbono. Era una atmósfera primitiva, pues una plenamente constituida no podría haber existido antes de 200 millones de años. La Tierra en ese entonces continuaba aún demasiado caliente y esto facilitaba el desprendimiento de gases ligeros.

La gravedad terrestre era un poco menor de la actual y ocasionaba que la Tierra no pudiera retener moléculas en su ambiente; la magnetosfera aún no se había desarrollado y el viento solar incidía directamente sobre la superficie. Todo esto ocasionó que la mayor parte de la atmósfera primitiva se perdiera en el espacio.

Nuestro planeta, por su temperatura, tamaño y masa media, no podía retener gases muy ligeros como el hidrógeno y el helio, que escapaban al espacio barridos por el viento solar. Incluso con la masa actual de la Tierra, es imposible conservar gases en ella como el helio y el hidrógeno, al contrario de lo que sucede en planetas de mayor tamaño, como Júpiter y Saturno, cuyas atmósferas los tienen en abundancia. De las rocas que formaron nuestro planeta, continuaron liberándose, durante bastante tiempo, nuevos gases y vapor de agua, hasta que alrededor de hace 4 mil millones de años, la atmósfera cambió para componerse probablemente de dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), moléculas de agua (H_2O), nitrógeno (N_2) e hidrógeno (H).

La presencia de esos compuestos y la disminución de la temperatura de la Tierra por abajo de $100^\circ C$ permitieron entonces el desarrollo de la hidrosfera (del griego hydros: agua y sphaira: esfera que en geografía física describe la masa de agua que se encuentra bajo, en y sobre la superficie terrestre). Ésta empezó a formarse hace unos 4000 millones

de años por la condensación de vapor de agua y de ella resultó la formación de grandes masas de agua que posibilitaron los procesos de sedimentación.

La existencia de agua facilitó la disolución de gases (como el dióxido de azufre, el hidruro de cloro o el dióxido de carbono), la formación de ácidos y la consecuente reacción de éstos con la litosfera, que dio lugar a una atmósfera de carácter reductor, carente de oxígeno libre y rica en gases como el metano y el amoníaco. El investigador norteamericano Stanley Millar diseñó, en la década de los 50, un experimento clásico para probar que por medio de la acción de algún tipo de energía externa él utilizó descargas eléctricas era posible obtener en ese ambiente una mezcla de aminoácidos.

Pretendía reproducir con esto las condiciones de la atmósfera primitiva que pudieron dar lugar al origen de la vida. Actualmente se acepta que las condiciones mínimas para que haya vida como nosotros la entendemos son tres: una atmósfera estable y rica en oxígeno e hidrógeno, entre otros componentes; una fuente permanente de energía externa y agua en estado líquido. Como vemos, las condiciones para la vida estaban casi establecidas; sin embargo, pasaron muchísimos millones de años más para que la vida en sí fuera posible, pues no había oxígeno libre. Las formaciones de rocas que contienen cantidades reducidas de elementos como el uranio y el hierro son evidencias de esa atmósfera anaeróbica. Estos elementos no se encuentran así en rocas del Precámbrico medio o en épocas posteriores de al menos 3 mil millones de años.

Para los organismos como nosotros el proceso atmosférico más importante fue la formación del oxígeno. Ningún proceso químico directo, ni procesos geológicos como la actividad volcánica producen oxígeno. Por ello se piensa que la formación de la hidrosfera, una atmósfera estable y la energía del Sol fueron las condiciones para que dentro del mar se formaran proteínas (proteus: lo primero en griego) y se llevara a cabo el proceso de condensación de aminoácidos y la síntesis de los ácidos nucleicos portadores del código genético, que después de 1500 millones de años, daría lugar a la aparición de los organismos unicelulares anaeróbicos que vivirían dentro de los océanos. Hace apenas mil millones de años, organismos acuáticos llamados algas verde-azules empezaron a usar energía del Sol para dividir moléculas de

agua (H_2O) y dióxido de carbono (CO_2) para recombinarlas en compuestos orgánicos y oxígeno libre (O_2); es decir, cuando se rompe el enlace químico que une el hidrógeno con el oxígeno, se libera este último hacia el medio ambiente y otra parte del oxígeno fotosintéticamente creado se combina con carbón orgánico para crear moléculas de CO_2 . Al proceso de conversión de energía solar en oxígeno libre a través de disociación molecular se le llama fotosíntesis y ocurre sólo en las plantas pese a que éste fue un paso enorme en el desarrollo hacia la atmósfera terrestre que tenemos en la actualidad. Esto constituyó un desastre masivo para los organismos anaeróbicos, pues si el oxígeno de la atmósfera se incrementa, el CO_2 disminuye. En ese momento, algunas moléculas de oxígeno de la atmósfera absorbieron energía de los rayos ultravioleta emitidos por el Sol y se dividieron para formar átomos de oxígeno individuales. Estos átomos se combinaron con el oxígeno restante para formar moléculas de ozono (O_3) que absorben los rayos ultravioleta provenientes del Sol. Durante 4 mil millones de años la cantidad de ozono era insuficiente para impedir la entrada de la luz ultravioleta; esto no posibilitaba la existencia de vida fuera de los océanos. Fue debido a la vida marina que la atmósfera terrestre alcanzó, hace unos 600 millones de años, niveles de ozono suficientes para absorber la dañina luz ultravioleta y esto dio lugar a la aparición de organismos sobre los continentes. En este tiempo el nivel de oxígeno era aproximadamente el 10% del valor actual. Por eso, antes de este periodo, la vida estaba restringida a los mares; sin embargo, la presencia de ozono dio lugar, entre otras cosas, a que organismos marinos se mudaran a la tierra sólida.

En la atmósfera se siguió llevando a cabo una interacción continua con varios fenómenos terrestres hasta alcanzar su composición actual formada en un 99% de hidrógeno, oxígeno y argón. Actualmente la atmósfera juega un papel no sólo de protección contra varios fenómenos físicos que suceden en el espacio, sino también como una extraordinaria reguladora de procesos termodinámicos, químicos y biológicos inherentes a la evolución y al acontecer terrestre, sin los cuales la vida no sería como la conocemos. La continua interacción de diversos factores como la temperatura de los océanos, la protección del ozono contra los rayos dañinos emitidos por el Sol, y un clima relativamente calmo permitieron que la vida siguiera su evolución.