

El origen del universo y la vida en relacion a la actual crisis ambiental

Guillermo Foladori

1. INTRODUCCIÓN

Existen ideas sobre el origen del Universo y de la vida que, a pesar de haber sido ya refutadas por los avances del conocimiento científico de los últimos años, permanecen arraigadas.

En este capítulo buscaremos despejar una serie de mitos o falacias sobre la vida en la Tierra. Las ideas que serán refutadas puede expresarse de diferentes formas, por ejemplo: a) el mundo físico estuvo dado y la vida se adaptó a él; b) la naturaleza siempre ha estado en equilibrio, hoy, por primera vez, el ser humano la degrada con efectos catastróficos; ó, c) la actividad industrial del ser humano puede llevar a la primera crisis ambiental.

2. EL UNIVERSO Y LA VIDA EN LA TIERRA

En los últimos años las investigaciones que combinan el estudio de "lo más pequeño" (física de partículas) y de "lo más grande" (astrofísica) han llegado a aclarar numerosos interrogantes (Smoot, Davidson; 1994). En lo que aquí nos interesa baste señalar los siguientes puntos:

* La confirmación de la teoría del Big Bang en el sentido de que el origen del Universo está en la gran explosión (Big Bang) ocurrida hace 15000 millones de años. Lo que explotó, llamado singularidad, era de un volumen infinitesimal y de una densidad también infinita. Todos los elementos conocidos hoy en día (y formas de antimateria extinguidas) son condensación y combinación de radiación y partículas de materia.

* Como resultado del Big Bang el Universo se expandió violentamente, creando el tiempo y el espacio en la medida de su expansión; de manera que antes del Big

Bang no existía nada concebible. A medida que se expande, el Universo se enfría y condensa.

* 300000 años después del Big Bang se separa la materia de la radiación, y lo que era un Universo oscuro se vuelve transparente. Se forman los primeros átomos de hidrógeno (H), helio (He) y Litio (Li).

* 1000 millones de años después del Big Bang se forma la materia más pesada como el hierro (Fe) y el carbono (C), al tiempo que se forman las estrellas y las galaxias.

* El futuro del Universo es aún enigmático. Tres posibilidades se manejan: a) que la densidad del Universo implica una atracción gravitatoria mayor a las fuerzas de expansión, lo que conduciría a un punto de inflexión a partir del cual comenzaría un proceso inverso, de Implosión, donde todo volvería a fundirse en un punto;¹ b) que la baja densidad no pueda contrarrestar las fuerzas de expansión, generando un proceso

* Este trabajo constituye el primer capítulo de un libro colectivo (Foladori, G; Pierri, N; Taks, J.) en proceso, sobre el papel de las relaciones sociales y las relaciones técnicas en la transformación de la naturaleza. El libro se realiza colectivamente por el equipo del Area de Sociología del Medio Ambiente, constituido por Guillermo Foladori, Naina Pierri y Javier Taks..

¹La gravedad y las ondas de radiación que provienen del espacio interestelar tienden, en miles de millones de años, a comprimir la materia, convirtiendo espacios de miles de kilómetros en espacios pequeños como puntas de alfiler. La relación, por ejemplo, entre el cuerpo de gas y polvo, y el núcleo de una estrella en que se convierte luego de la compresión, bien puede ser el de la Tierra y una pelotita de ping pong. La forma, el tamaño y la masa física de los componentes del Universo, están en permanente cambio, aún cuando el "tiempo espacial" —por así llamar a la vida de las estrellas y planetas—, tiene una duración tan larga para nuestro concepto del tiempo, que pareciera estático. Lo mismo podría pensar una bacteria —que vive segundos— de la vida del ser humano.

llamado de "Gran Frío" donde la expansión conduciría al infinito; y, c) un equilibrio entre la atracción gravitatoria de las masas y las fuerzas de expansión al llegar éstas al infinito, que generaría un estado de detención. Las investigaciones han demostrado el carácter llamado plano (o estado crítico) del Universo, lo cual apoya principalmente la última alternativa.²

Desde el estallido del Big Bang a la formación de nuestro sistema solar, pasaron varios millones de años. Se estima que el Sol y todos sus planetas fueron formados hace 4.5 mil millones de años.

Con una antigüedad común, y un origen también común, los elementos que conforman el Sol, la Tierra, y el resto de los planetas, son semejantes e igua-

COMPOSICIÓN DE LOS PRINCIPALES
GASES PLANETARIOS
PORCENTAJES

GAS	VENUS	MARTE	TIERRA
Dióxido de Carbono	96.5	95.00	0.03
Nitrógeno	3.5	2.70	79.00
Oxígeno	vestigios	0.13	21.00
Metano	—	—	1.70 ppm
Argonio	70.0 ppm	1.60	1.00
Temperatura media °C	459	-53	13

ppm = parte por millón

Fuente: Tomado de Lovelock, *As eras de Gaia* : 7

les al resto del Universo. Efectivamente, de los átomos más simples de hidrógeno (H) y helio (He) está formado el 99% de toda la materia de nuestro Universo.

Por cierto, que tanto por la distancia respecto del Sol (menor o mayor radiación ultravioleta), como por la acción de materia interestelar externa con que se encuentra en su viaje, o también las ondas de radiación interestelar, fuerzas de gravedad, etc., cada planeta tiene importantes diferencias respecto del resto. Pero, en esencia, son semejantes.

Dos procedimientos han permitido demostrar estas semejanzas y origen común del Universo. La luz que emiten las estrellas (o galaxias) puede ser analizada según su espectro, o sea, la descomposición de colores que ocurre cuando la luz atraviesa un vidrio

triangular. El brillo relativo de los colores del espectro indica la temperatura y la composición química (cada elemento químico absorbe un conjunto característico de colores); además, la luz llega a la Tierra en forma de ondas, y, según sea la velocidad con que éstas se suceden, se puede determinar la distancia relativa. A partir del análisis del espectro, se ha llegado a dos conclusiones esenciales: a) que todas las estrellas y galaxias del Universo se están alejando entre sí. Contra la imagen de un Universo estático, éste resultó ser móvil y en expansión. Ahora bien, si a esta expansión se la mira "al revés", nos encontramos con un Universo que arranca de un solo punto u origen. b) que los mismos elementos químicos están presentes en todas las estrellas y galaxias.

No obstante las semejanzas, una especificidad sorprendente es la existencia de vida en la Tierra. Las investigaciones sobre la causa de esta —hasta el momento— exclusividad, así como un conocimiento más profundo de la Tierra, fue el resultado de su comparación con otros planetas, algo posible a partir del llamado "redescubrimiento de la Tierra" ocurrido desde mediados de los setenta, como resultado de los viajes interplanetarios y sus investigaciones. Estos permitieron comparar a la Tierra con Marte y Venus principalmente. Comparación que resultó muy enriquecedora debido a que se trata de los dos planetas más próximos y, por lo tanto, con una distancia del Sol relativamente más semejante a la de la Tierra que del resto. En cuanto al origen de la vida, comparar la composición atmosférica de estos planetas, resultó revelador, como lo demostró James Lovelock. El cuadro da cuenta de los principales gases atmosféricos en ellos.

Puede apreciarse la gran diferencia entre Venus y Marte, por un lado, y la Tierra, por otro. Mientras la atmósfera de Venus y Marte está formada, básicamente, por dióxido de carbono (CO₂) y nitrógeno (N), la Tierra lo está por nitrógeno y oxígeno (O). Esta diferencia no sólo es sorprendente de por sí (no habría razón para ella), sino que la composición de gases de la Tierra es anómala. El oxígeno (gas oxidante), expuesto a la luz del Sol, es consumido por el metano (gas reductor), transformándose en dióxido de carbono y vapor de agua. El nitrógeno (gas neutro), sería absorbido por los océanos, desapareciendo de la atmósfera. No habría manera de que permanecieran en proporciones constantes como lo hacen.

La única posibilidad de la convivencia de estos gases oxidantes y reductores es la existencia de una fuente prácticamente inagotable que los produzca. Una parte y media por millón de metano en la atmósfera significan mil millones de toneladas (mil megatones), que deben crearse cada año; la reposición del oxígeno significaría probablemente dos mil millones (dos mil megatones) de toneladas anuales (Lovelock, 1985, 1991).

² Debe recordarse que una afirmación científica es sólo temporalmente válida, hasta que otra logra demostrar sus limitaciones y la supere. Quién sabe si el Big Bang no haya sido la repetición de ciclos anteriores, resultado de implosiones de universos pasados.

En las últimas dos décadas se ha implantado en el medio científico la teoría que sostiene que *la fuente de generación de dichos gases es la vida misma*.

Dicho de otra forma, la vida genera y regenera, permanentemente, el equilibrio atmosférico peculiar de la Tierra.

Esto significa que la composición atmosférica de la Tierra, en su origen, antes de la vida, era similar a la de los otros planetas.

De ser así, la Tierra se formó sin vida, con una atmósfera sin oxígeno, y ésta, una vez creada, reactuó sobre su entorno, transformándolo. Se trata de un supuesto coincidente con el de la biología.

También desde la biología se sostiene que la Tierra no tuvo oxígeno libre durante los primeros 2.3 mil millones de años. O sea, durante la mitad de su vida. Y que la proporción actual de un 21% de oxígeno en la atmósfera es relativamente reciente, de los últimos 700 millones de años.

El argumento se basa en que las primeras formas de vida utilizaron componentes de carbono pre-biológico, tanto aminoácidos, como nucleoproteínas y azúcares, "compuestos éstos que no se acumulan en presencia de oxígeno, el cual reacciona con ellos y los destruye luego que se forman. Entonces, las primeras células de la Tierra debieron haber surgido en ausencia de oxígeno" (Margulis, 1990:97).

La vida, una vez creada, actuaría como una especie de regulador, que mantendría un equilibrio siempre inestable entre los gases atmosféricos.³

Estas investigaciones sobre el origen de la vida y su incidencia en la atmósfera y, como veremos, en el mundo inorgánico en general, cambiaron de forma radical aquella concepción del mundo que se tenía tan solo unas pocas décadas atrás. De la imagen de un mundo físico dado, donde la vida simplemente se adapta, ahora debemos pensar en la vida como una fuerza que también transforma profundamente el mundo inerte; algo, por cierto, todavía difícil de incorporar al sentido común.⁴

³ Debe quedar claro que el oxígeno libre (O₂) no existía (o era mínimo) antes de la vida. Sí existía el oxígeno combinado, por ejemplo, en el agua (H₂O). Hasta la década de los sesenta otra hipótesis explicaba el origen del oxígeno en la separación del vapor de agua (H₂O[v]) en sus elementos originarios una vez que el hidrógeno más liviano escapase al espacio como resultado de la fotodisociación.

⁴ La imagen del mundo como un sólo organismo vivo es desarrollada a través de la hipótesis GAIA. Según Lovelock la hipótesis GAIA "Postula que las condiciones físicas y químicas de la superficie de la Tierra, de la atmósfera y de los océanos han sido y son adecuadas para la vida gracias a la presencia misma de la vida, lo que contrasta con la sabiduría convencional según la cual la vida y las condiciones planetarias siguieron caminos separados adaptándose la primera a las segundas" (Lovelock, 1985:178).

3. LA VIDA MODIFICA AL MEDIO

3.1. El origen de la vida

El origen de la vida contiene aún aspectos nebulosos. No obstante, ya es conocido que los compuestos de carbono (azúcares, aminoácidos, grasas, etc.), que son la base de la vida, existen en ausencia de vida. Existían en la Tierra primitiva sin vida, y también existen en el espacio interestelar, en planetas, cometas, meteoritos, etc.

Se admite que la Tierra primitiva tenía en su superficie los componentes químicos a partir de los cuales se hizo la vida, compuestos químicos llamados 'orgánicos'—como los aminoácidos, las subunidades de proteínas; los nucleótidos, subunidades de las moléculas de nuestras células que cargan la información genética; los azúcares, subunidades de los polisacáridos— y muchas otras piezas esenciales que esperaban para el acto final del montaje. Es importante reconocer que estos componentes químicos, aunque considerados como característicos de la vida, son también productos del estado estable abiológico. La simple presencia de tales componentes en un planeta sin oxígeno no es, de por sí, una prueba para la vida. Apenas es la prueba de la posibilidad de su formación (Lovelock, 1991:67).

Experiencias realizadas en laboratorio, intentando reproducir la atmósfera primitiva de la Tierra, y utilizando temperatura y descargas eléctricas como sustitutos de la luz del Sol y los rayos, lograron, a partir de la combinación de los elementos simples, como el nitrógeno, amoníaco, metano y vapor de agua, los compuestos orgánicos originarios de la vida.

De manera que el proceso químico de generación de la vida obedeció reglas, que bien podrían haber ocurrido en otros lugares del espacio; y también, seguramente, ocurrieron de manera múltiple y simultánea en numerosos lugares de la Tierra.

Cuando esos compuestos de carbono almacenan energía y logran autorreproducirse generando copias casi exactas de sí mismos, podemos hablar de seres vivos. Para ello requirieron "separarse" de su entorno, manteniendo, al mismo tiempo, la capacidad de interactuar con él para obtener el alimento. La corta distancia entre la vida y la no vida choca contra el sentido común del ser humano, que pone una gran distancia frente al resto de los seres vivos y mucho más respecto de la naturaleza inorgánica. Como escribió Lovelock,

No hay una distinción clara en la superficie de la Tierra entre materia viva y no viva. Existe

apenas una jerarquía de intensidad que va del ambiente 'material' de rocas y de atmósfera a las células vivas (1991:36).

Pero los avances de la ciencia aún no cristalizaron en una conciencia colectiva. Es probable que sea la crisis ambiental por la que estamos atravesando, la que logre generalizar más rápidamente una conciencia de humildad frente a la naturaleza inorgánica.

3.2. La vida modifica al medio

Las estimaciones de la composición de la atmósfera primitiva de la Tierra coinciden en señalar la ausencia de oxígeno. Seguramente el dióxido de carbono alcanzaba más del 95% de los gases atmosféricos, al igual que ocurre hoy en día con Venus y Marte. La gran actividad volcánica de los primeros tiempos de la Tierra generaba grandes cantidades de dióxido de carbono. Por ello, las primeras bacterias o formas de vida, fueron anaerobias (vida sin oxígeno) que surgieron en aguas de los mares, donde los rayos ultravioletas eran filtrados. Ellas utilizaban la fermentación de moléculas orgánicas como mecanismo energético. Mientras existieron compuestos orgánicos, dichas bacterias tuvieron su alimento asegurado

Cuando los compuestos orgánicos preexistentes comenzaron a escasear, ocurrió la segunda gran revolución de la vida, que consistió en utilizar la energía solar para producir compuestos orgánicos a partir de inorgánicos (fotosíntesis). En un primer momento esta fotosíntesis (síntesis o reunión por medio de la luz) utilizaba elementos reductores como el sulfuro de hidrógeno (H₂S) que no liberaba oxígeno. Pero, luego, surgieron bacterias (conocidas como cianobacterias) que realizaban la fotosíntesis utilizando el agua como reductor, de tal forma que al tiempo que generaban su alimento, desprendían el oxígeno del agua como residuo de la fotosíntesis. Existen evidencias fósiles que indican el origen de la vida hace 3.6 mil millones de años; y una gran expansión de las primeras bacterias hace 2.5 mil millones de años. El cuadro muestra los grandes momentos.

MILES DE MILLONES DE AÑOS	CARACTERÍSTICAS
4.5	Formación de la Tierra.
3.6	Primeras formas de vida
2.5	Gran expansión de cianobacterias. Reducción del oxígeno de los mares. Formación de las rocas ferrosas.
1.4	Vida aeróbica. Eucariotas.
0.6	La vida se expande en variadas formas. Primeros animales y plantas. El oxígeno alcanza un nivel cercano al actual.

Esta revolución de la vida presentó dos caras. Por un lado, una "salida"; por otro, una crisis. La "salida" consistió en utilizar la fotosíntesis como mecanismo para canalizar la energía solar y romper así los lazos químicos del dióxido de carbono (CO₂), y del agua (H₂O); produciendo, por un lado, los compuestos orgánicos a partir del carbono (C) y, desprendiendo, por otro, como residuo, el oxígeno (O₂). Con ello se le dió salida a la crisis alimentaria, una vez acabados los compuestos orgánicos preexistentes. Entonces, las cianobacterias se alimentaron, mediante el complejo proceso de la fotosíntesis, de materia inorgánica. Poco a poco, estas bacterias se fueron comiendo el manto protector formado por el dióxido de carbono existente en el agua y la atmósfera.

El dióxido de carbono provoca lo que conocemos como el efecto invernadero, que consiste en impedir que los reflejos de los rayos solares se pierdan en su totalidad en el espacio, manteniendo una temperatura más elevada. Mientras que hoy en día sufrimos de un proceso de sobrecalentamiento, por exceso de CO₂, en aquellos momentos las cianobacterias conducían a un enfriamiento de la atmósfera.⁵

Por otra parte, la crisis consistió en contaminar la atmósfera con oxígeno. A medida que se alimentaban transformando el carbono, liberaban el oxígeno, que resultaba un gas tóxico. Tal vez sea correcto considerar ésta como *la primera crisis ambiental para la vida* (Lovelock, 1985). La composición de la atmósfera comienza a modificarse como resultado de la vida. El dióxido de carbono retrocede y el oxígeno aumenta. Pero no es esta transformación de la atmósfera (que de por sí es fundamental) el único cambio producido por la vida sobre la materia inorgánica.

Tan pronto el oxígeno era liberado por las cianobacterias, era capturado, mediante uniones químicas, por elementos reductores. Una de las más significativas fue la transformación del hierro soluble que existía en los mares— en óxido ferroso, dando origen, una vez precipitado, a la formación de la mayor parte de las rocas de hierro explotadas y conocidas en la actualidad (Fairbridge, 1982, Lovelock, 1985).⁶ Como bien dice Jon Erickson, "La vida constituye una fuerza geológica que ningún otro planeta tiene" (1992:81).

Hace de 2 a 2.5 mil millones de años el oxígeno pasó a ser dominante, en el sentido de que excedió la

⁵ Nunca se llegó a un enfriamiento global. Otras bacterias se alimentaban de los cadáveres de los primeros volviendo a generar dióxido de carbono y metano, ambos gases estufa.

⁶ Posteriormente también las rocas calcáreas fueron formadas por sedimentación de las caparazones de seres vivos que abundaban en los océanos. Y es posible que la regulación de la salinidad de los océanos sea resultado de la vida misma (Lovelock, 1985).

cantidad posible de ser reducida. Una vez que los elementos reductores capturaron el oxígeno, el sobrante se propagó a la atmósfera. Al llegar a la estratósfera era separado en sus moléculas por los rayos ultravioletas en dos átomos diferentes, que luego se juntaban a otras moléculas de oxígeno, formando una variedad (O₃) que conocemos como ozono. La capa de ozono que una forma de vida (la humana) está hoy reduciendo rápidamente, otra (las cianobacterias) provocó su creación. Al decir de Daniel Botkin,

...la vida modificó el medio ambiente de la Tierra durante varios miles de millones de años. Esa nueva percepción de la vida en un contexto planetario es uno de los más importantes cambios que intervinieron en nuestra visión de la naturaleza (1992:18).

La abundancia de oxígeno libre en la atmósfera comenzó a transformarse en un verdadero veneno para la vida. Aquellas bacterias anaeróbicas no se extinguieron. Sus descendientes se refugian, hoy en día, dentro de los organismos aeróbicos, en las profundidades del océano, o en pantanos y charcos, huyendo del tóxico que sus antepasados crearon.

Una tercera revolución de la vida hubo de ocurrir. Se trató del surgimiento de células que respiraban (aerobias). Estas utilizaron el oxígeno para "quemar" las moléculas orgánicas que se convertirían en su alimento. Estas nuevas células —eucariotas— se desarrollaron, según Lynn Margulis, por simbiosis (asociación) de bacterias anteriormente libres y crearon un núcleo donde concentraron el material genético (ADN). La respiración, o utilización del oxígeno para quemar las moléculas orgánicas, representó un procedimiento mucho más eficiente, en términos energéticos, que la fermentación. Esta mayor acumulación relativa de energía en el alimento, les permitió aumentar de tamaño y generar funciones más sofisticadas. Las eucariotas también desarrollaron la reproducción sexual, una versión de reproducción más flexible que la asexual.

La reproducción asexual se realiza por partición de la célula. Con ello los descendientes son iguales a sus progenitores. Esto significa, en términos evolutivos, una gran rigidez, ya que un brusco cambio en el entorno puede llevar a una extinción masiva. La reproducción sexual, por el contrario, requiere de la unión de dos gametos (células que contienen el material genético) masculino y femenino. Como un individuo nunca genera dos gametos iguales, los cruzamientos convierten a la descendencia en diferente entre sí y respecto de sus progenitores. Con ello las posibilidades de adaptación al medio se acrecientan, así como la diversificación de los seres vivos.

La reseña que acabamos de hacer muestra sólo

los ejemplos más contundentes de la interacción de la vida y el mundo inorgánico. Ello obliga a modificar la concepción de un mundo dividido tajantemente entre orgánico e inorgánico.

Obliga también a modificar aquella concepción de las especies adaptándose al ambiente. Ahora es necesario pensar también en el ambiente transformado por las especies.

Por último, conlleva la necesidad de una concepción global de las ciencias, que trasciende las artificiales barreras de cada disciplina.

4. LA NATURALIDAD DE LAS EXTINCCIONES EN LA HISTORIA DE LA VIDA

Al través de los apartados anteriores, hemos expuesto los argumentos que proponen que la historia de la vida en la Tierra no es la mera adaptación a un entorno preestablecido sino, por el contrario, la historia de la interrelación entre materia orgánica e inorgánica. Como resultado de esa interacción, el planeta ha ido modificando su forma física y también ha ido experimentando diferentes formas de vida, desarrolladas a través de la múltiple evolución y de las frecuentes extinciones.

Las causas de las extinciones masivas son varias e inclusive combinaciones de causas independientes. Algunas de ellas son externas a la vida misma, pero otras son resultado de la propia vida. Siguiendo a Jon Erickson, podemos distinguir las causas celestes de las terrestres.

Las causas celestes de las extinciones tienen todas que ver con cambios en la atmósfera que provocan, en la mayoría de los casos, un enfriamiento del planeta conduciendo, con ello, a limitar los hábitats de las especies vivas, cuando no a hacerlas desaparecer drásticamente. Dentro de estas causas destacan las que siguen.

El Sol, como todas las estrellas, tiene la propiedad de calentarse a medida que envejece, debido a que los átomos de hidrógeno se transforman en helio, y su combustión genera una ceniza gaseosa más opaca, que tiende a concentrar aún más el calor. Se estima que hace 4 mil millones de años el Sol calentaba un 30% menos que hoy en día, de manera que la temperatura que en la actualidad reciben los polos, sería, mas o menos, la que entonces recibía el ecuador. Actualmente, estamos a mitad de camino de la vida solar. Dentro de otros 5 mil millones de años, el Sol aumentará de tal forma su calor que, seguramente, incinerará por completo a la Tierra, y hasta puede llegar a explotar. Esta causa celeste de largo alcance se manifestó en el calentamiento del planeta se manifiesta como calentamiento del planeta.

En cuanto al enfriamiento, la causa principal se deriva del viaje de las galaxias a través de nubes de pol-

vo. Este bien filtra las radiaciones solares; bien puede aumentar el hidrógeno molecular de la Tierra, que reaccionaría con la atmósfera superior para producir vapor de agua y nubes, que, a su vez, terminarían haciendo descender la temperatura. Estos efectos podrían mantenerse varios miles de años.

También la creación de Supernovas (explosión de estrellas de gran tamaño) puede tener como efecto radiaciones adicionales sobre la Tierra. Existen hipótesis en el sentido de que la desaparición de los mamuts y mastodontes haya sido resultado del surgimiento de la supernova Vela.

Los cometas que tienen órbitas pronunciadamente elípticas pueden interponerse entre el Sol y la Tierra. Si esto ocurriera, sería como una sombrilla duradera sobre la Tierra, que extinguiría la vida.

El choque de asteroides o meteoritos con la Tierra puede ocasionar nubes de polvo galáctico que duren miles de años en decantar, limitando el paso de la luz solar.

Las causas *terrestres* de las extinciones masivas de especies son, posiblemente, más importantes.⁷

La teoría de la *tectónica de las placas* señala que la capa externa y rígida de la Tierra (litósfera) está quebrada en una docena de placas. Algunas de éstas contienen continentes, otras, cuencas oceánicas. Estas placas "flotan" sobre un fondo más caliente y más líquido. Los movimientos y choques de estas placas — cuya explicación es objeto de diversas hipótesis — son los responsables de la mayoría de los cambios en la superficie de la Tierra: tanto de la formación de las montañas, la actividad volcánica, los terremotos, la deriva de los continentes, la incidencia en las glaciaciones, etc.

Las erupciones volcánicas tienen efectos variados y hasta contrapuestos sobre el clima. Bien pueden provocar procesos de enfriamiento a través de la emisión de polvo a la atmósfera que filtra los rayos solares. Bien pueden emitir gases ácidos que destruyan parcialmente la capa de ozono, facilitando la penetración de las mortales radiaciones ultravioletas. O también pueden provocar lluvias ácidas, con consecuencias trágicas para especies marinas y terrestres.

La Tierra opera como un cuerpo magnético desde su interior. Evidencias geológicas mostraron que el campo geomagnético de la Tierra se invirtió muchas veces. Estas inversiones pueden obedecer a diferentes causas: variaciones en el campo magnético de la galaxia, fuertes terremotos o actividades volcánicas, impacto de meteoritos, etc. Su presencia ha coincidido con profundas modificaciones en el clima, ya que el

cuerpo magnético es el responsable de lo que se conoce como plasma, que protege a la Tierra frente al viento solar y las radiaciones. Al menor cambio en el campo magnético, los efectos de la radiación solar son inmediatos, con consecuentes cambios climáticos (Nagata, 1982).

Aunque las causas de las glaciaciones son diversas (meteoritos, reducción del CO₂, etc.) fueron sin duda las responsables de las extinciones masivas. Las glaciaciones son fases frías del planeta, donde los hielos avanzan sobre los continentes. Cuando esto ocurre, los hábitats de las diferentes especies de animales y vegetales se reducen drásticamente. Esto tiene efectos de sobrepoblación y aislamiento que ocasionan extinciones masivas. Cerca de media docena de importantes fases de glaciales se han registrado desde 2 mil millones de años a la actualidad (Colbert, 1982; Nagy y Nagy, 1982).⁸

Tal vez, el cambio más drástico sobre la vida haya ocurrido como resultado de la modificación de la atmósfera por la vida. La generación de oxígeno y la reducción del dióxido de carbono alteraron radicalmente el clima de la Tierra. Es probable que la glaciación ocurrida hace 2 mil millones de años tenga esta causa. No obstante, este "equilibrio" de la composición de gases atmosféricos, acorde a las necesidades de la vida, siempre fue dinámico. Análisis del aire "fósil" atrapado en los hielos han permitido demostrar que, a lo largo de los últimos 140000 a los 40000 años antes de nuestra era, la concentración de dióxido de carbono había caído desde 300 a 180 partes por millón (Botkin, 1992:21).

Como el dióxido de carbono provoca el efecto invernadero, al limitar la salida del reflejo de los rayos solares que chocan contra la Tierra, la disminución de dicho gas significa un enfriamiento de la Tierra con avance de los hielos y la consecuente transformación de la vegetación, reducción del nivel de los mares, aislamiento de áreas unas de otras, etc., todos cambios que repercutieron en la vida misma. Claro que en estas variaciones de la proporción del CO₂ no sólo la vida tuvo su papel, sino también las erupciones volcánicas y otros factores.

A continuación exponemos un cuadro resumen que da cuenta sólo de las principales extinciones en la historia de la vida.

⁸ Bastaría con una disminución promedio de 2 grados centígrados en un hemisferio, para que se diese una glaciación. Los cambios atmosféricos no son las únicas causas de las glaciaciones, pareciera que las últimas fueron resultado de leves modificaciones en la órbita de la Tierra, lo cual implicó que la irradiación solar afectara de manera diferente.

⁷ No introducimos aquí los resultados de la acción humana, que veremos en capítulos subsiguientes.

LAS PRINCIPALES EXTINCCIONES EN LA HISTORIA

ERA	PERIODO	EPOCA	FECHA	ESPECIES EXTINGUIDAS
Arqueano	(4600-4000)			
Proterozoico	(4000-2500)			
Paleozoico	(2500-345)		1400:	Procariotas
Fin Pre-Cámbrico			670:	Fitoplancton unicelular del océano
Fin Ordoviciano			440:	Cien familias de animales marinos
Fin Devoniano			370:	Grupos marinos tropicales
Mezozoico	(345-190)			
Fin Permiano			240:	Más del 95% de las especies marinas
Fin Triásico			210:	50% de familias de reptiles
Cenozoico	(190-7)			
Fin Cretáceo			65:	70% todas especies conocidas
Terciario		Paleoceno	(65-54:)	
		Eoceno	(54-37:)	Mamíferos
		Oligoceno	(37-26:)	
Cuaternario		Mioceno	(26-7:)	
		Plioceno	(7-2:)	
		Pleistoceno	(2-0,01:)	Grandes mamíferos
		Holoceno	(0,01...)	Varias especies homo

Fuente: Elaborado a partir de Jon Erickson. *Nosso planeta está morrendo*. 1992.

La conclusión que Jon Erickson extrae de la revisión de la historia de las extinciones es contundente al afirmar su carácter *normal*; veamos:

A lo largo de la historia de la vida en la Tierra, las especies aparecieron y se formaron; aquéllas que viven actualmente sólo representan una minúscula fracción del total. Más del 99% de todas las especies que habitaron la Tierra en una u otra época están extintas. Se calcula que hasta 4 mil millones de especies de plantas y animales existieron en el pasado geológico. La mayor parte de ellas vivieron durante la era Fanerozoica (los últimos 570 millones de años). Ese periodo se caracterizó por un fenomenal desenvolvimiento de especies, juntamente con trágicos episodios de extinción en masa. Cada extinción envolvió la desaparición de más del 50% de las especies que vivían en aquellas respectivas épocas. De este modo, la extinción de las especies ha sido un hecho casi tan común como el surgimiento de éstas." (Erickson, 1992 :43)

Esta normalidad de la extinción de las diferentes formas de vida en la Tierra, permite situar la actual crisis ambiental en sus justos términos: el peligro es la extinción del ser humano, antes que el de la vida en general.

5. CONCLUSIONES

La humanidad está atravesando por una crisis ecológica de carácter mundial. Sus principales indicadores son la destrucción de la capa de ozono, el calentamiento global del planeta, el aumento de la contaminación del aire, la pérdida de la diversidad biológica, el avance de la desertificación, la deforestación de los bosques tropicales, la contaminación de los cursos de agua, la erosión de los suelos, y otros. Estos hechos han sido investigados y publicitados ampliamente. Pero, de la mano con el desarrollo de lo que podemos llamar una "conciencia ambiental global" surgen falsas concepciones derivadas tanto de la, a veces, necesaria superficialidad con que se difunden los temas en los medios de comunicación, como de una arraigada concepción del mundo que responde a niveles de conocimiento de

décadas pasadas ya superados. Tres falacias se relacionan con la temática que hemos expuesto en este capítulo:

1) *De no ser por la actividad humana el resto de los seres vivos vivirían en equilibrio.* Falso; ningún ecosistema vive en equilibrio. Los biólogos gustan de utilizar la expresión equilibrio dinámico para mostrar una situación siempre cambiante. La realidad es que el planeta Tierra, evolucionó siempre entre permanentes contradicciones que lo llevaron a modificar su atmósfera, su clima, su estructura física y su medio biótico. Las distintas formas de vida se fueron sucediendo, algunas extinguiéndose, otras evolucionando. A veces, fue la propia vida quien creó condiciones adversas, como la "revolución del oxígeno" y hubieron de surgir formas de vida que superaran dicha crisis. Otros desequilibrios fueron resultado de factores externos, como glaciaciones o inclusive hechos celestes. Lo que para unas formas de vida constituía una catástrofe ambiental, resultaba favorable para otras. No obstante, la actividad humana puede llegar a convertir a la Tierra en inhóspita para la propia vida humana, aunque difícilmente para la vida de microorganismos y pequeñas especies.

2) *La historia de los seres vivos se reduce a su adaptación al medio.* Falso; esta imagen de las especies adaptándose al medio en un proceso unidireccional, debe ser corregida a la luz de los avances científicos de las últimas décadas. La vida misma, a escala planetaria, transforma el medio.

3) *Se trata de la primera crisis ambiental.* Falso; la historia de la Tierra está plagada de crisis ambientales que supusieron extinciones de la mayoría de las especies que alguna vez vivieron.

Este capítulo puso énfasis en el carácter normal de las extinciones, de las crisis ambientales, y de la interacción vida/no vida. En el próximo veremos cómo la vida humana ha jugado un papel trascendental en estos mismos aspectos.

BIBLIOGRAFÍA

- Berger, André
1992 "Os climas do futuro"
en: Barrère, Martine. *Terra, patrimonio comum. A ciência ao serviço do meio ambiente e do desenvolvimento.* Ed. Nobel. São Paulo.
- Botkin, Daniel
1992 "Qual ecologia para o século XXI?"
En: Barrère, Martine. *Terra, patrimonio comum. A ciência ao serviço do meio ambiente e do desenvolvimento.* Ed. Nobel. São Paulo.
- Colbert, E.

- 1982 "La vida sobre los continentes a la deriva."
En: VV.AA. *El redescubrimiento de la Tierra.*
Ed. CONACYT. México DF
- Erickson, Jon
1992 *Nosso planeta está morrendo. A extinção das espécies. A biodiversidade.* Makron Books São Paulo.
- Fairbridge, Rhodes
1982 "Historia del clima de la Tierra".
En: VV.AA. *El redescubrimiento de la Tierra.*
Ed. CONACYT. México Df.
- Glaessner, Martin
1982 "La aparición de los primeros animales".
En: VV.AA. *El redescubrimiento de la Tierra.*
Ed. CONACYT. México Df.
- Hawking, Stephen
1988 *Historia del tiempo*
Ed. Crítica. Grijalbo. Barcelona.
- Longair, Malcom
1992 *Los orígenes del Universo*
Alianza Universidad. Madrid.
- Lovelock, James
1985 *GAIA una nueva visión de la vida sobre la Tierra.*
Ed. Hispanamérica/Muy importante No. 22.
Madrid.
- 1990 "Gaia-Um modelo para a dinâmica planetaria e celular".
En: Thompson, William et al Gaia. *Uma teoria do Conhecimento.* Ed. GAIA. São Paulo.
- 1991 *As eras de Gaia. A biografia da nossa Terra viva.* Ed. Campus. Río de Janeiro.
- Margulis, Lynn
1990 *Os primórdios da vida. Os micróbios têm prioridade.*
En: Thompson, William et al Gaia. *Uma teoria do Conhecimento.* Ed. GAIA. São Paulo.
- Nagata, Takesi
1982 "El campo magnético terrestre y sus variaciones".
En: VV.AA. *El redescubrimiento de la Tierra.*
Ed. CONACYT. México DF
- Nagy, Bartholomew; Nagy, Lois
1982 "Los primeros organismos vivientes."
En: VV.AA. *El redescubrimiento de la Tierra.*
Ed. CONACYT. México Df.
- Odum, E.P.
1986 *Fundamentos de ecología*
Ed. Interamericana. México D.F.
- Smoot, G.; Davidson, Keay
1994 *Arrugas en el tiempo*
Plaza & Janes. Barcelona.
- Webster, Ferris
1992 "O oceano, fator-chave da mudança global".
En: Barrère, Martine. *Terra, patrimonio comum. A ciência ao serviço do meio ambiente e do desenvolvimento.* Ed. Nobel. São Paulo.