

Virus ARN, Antropoceno y crisis contemporánea

VOL. II COLECCIÓN C:I - C19



LUIS EUGENIO ANDRADE

Columnista RHI.

Químico Universidad Nacional de Colombia

Master en Genética Molecular de Université Catholique De Louvain

PROLOGO AL AUTOR:

Virus, pandemia, crisis sanitaria y miles de conceptos más llueven en estos días recubiertos de un entramado peligrosamente desinformante. Dicho entramado atenta contra la oportunidad que esta “nueva realidad” nos ha impuesto y que aprovecharla sería la mejor manera de honrar las muertes que debido a ella hemos sufrido. Dicho camino regenerativo, social y biológicamente evolutivo, lo debemos emprender con conceptos bien afianzados y no tomando a la ligera al virus como al enemigo, ni asegurando que la solución a la crisis está en el desespero por retornar a la realidad responsable de todo esto. El monstruo que salió de las cuevas para atentar contra la vida en la Tierra no es el murciélago y el virus que se sobrepone a las demás formas de vida procurando su extinción no es el COVID-19, ambos son el hombre y su actividad

irresponsable que vela por la intensificación de una jerarquía que prima los intereses de unos cada vez más pocos y desdeña, perjudica y asesina la de los otros que crecen en número y en miseria.

Eugenio Andrade ha consolidado, además de muchas otras cosas, este texto maravilloso en el que desentraña aquello que es el virus, desmintiendo su equiparación con la muerte y sustentándolo en la vida. Nos enseña en un lenguaje muy cuidado y, aunque técnico y profesional, de fácil comprensión para el público general. Con el cual nos deja muy en claro un deber imperante hacia nuestra supervivencia y la de nuestro entorno. Si el bienestar de la humanidad, si la vida tal y la conocemos, si un futuro prometedor son asuntos que conviven con tus preocupaciones, entonces este texto es una lectura que debes hacer y practicar sí o sí.

El afán pernicioso y suicida que puya por la pronta vacunación y el retorno al mundo exactamente anterior, y el optimismo de quien abre los ojos y encuentra en esta crisis una oportunidad de cambio, se enfrentan actualmente y decidirán el rumbo de nuestra especie y su medio ambiente, ¿y tú, de qué lado de la conversación estás?

L. Fritz

Columnista RHI

Me propongo mostrar el papel desempeñado por los virus ARN en dos contextos muy diferentes, primero, hace 4.000 millones de años cuando probablemente surgió la vida en la tierra, y segundo, en el momento correspondiente a la época contemporánea que cubre los últimos miles de años, incluyendo la crisis sanitaria sin precedentes que atravesamos a nivel global. Dos escalas de tiempo que dificultan establecer un parangón entre ambos fenómenos, no obstante, quisiera mostrar como el tiempo evolutivo geo-químico-biológico y el de la historia humana se han encadenado de manera contingente posibilitando en el primer caso, el paso de la geosfera, a la biosfera y de ella a la antroposfera, y en el segundo, retroalimentándose de modo tan estrecho que nos hemos convertido en una fuerza geológica que ha modificado la biosfera, la atmosfera y las fuentes de agua, destruyendo los hábitats de especies originarias propiciando la transferencia de virus entre ellas y los humanos. Adoptar una perspectiva evolutiva para entender el papel de los virus no alivia en lo mínimo el inmenso dolor causado por la pérdida de vidas humanas, a pesar de eso, esta crisis debe servirnos para implementar cambios sustanciales en el modo de vivir e interactuar con el planeta.

La época contemporánea puede ser vista a diferentes escalas de temporalidad. En lo geológico pasamos por un umbral muy cercano al punto de no retorno a las condiciones climáticas más o menos estables del Holoceno[1], en lo biológico transcurrimos por una etapa conocida como la “sexta gran extinción”, y en la esfera de la historia humana vivimos una acelerada evolución tecnológica, cultural, social y política marcada por grandes confrontaciones que muestran el declive de toda una civilización y del modelo económico hegemónico que ha imperado, de manera que la humanidad en su conjunto enfrenta un futuro incierto.

¿SON LOS VIRUS NUESTROS MÁS REMOTOS ANCESTROS?

La historia del planeta desde hace aproximadamente 4.000 millones de años, como consecuencia de una intensa dinámica geológica y química registra el inicio de la vida orgánica. Hoy en día, la vida como fenómeno planetario debe estudiarse integrando los aportes de la física, la cosmología, la geología, la química, la bioquímica, la virología, la microbiología, etc., así como también de las ciencias humanas y la economía. La termodinámica de sistemas en desequilibrio y de los procesos de autoorganización muestra cómo la vida se debe a transferencias de energía y a su almacenamiento en los enlaces químicos en los que participan el carbono, hidrogeno, oxígeno, nitrógeno y fósforo para dar lugar a la formación de una gran diversidad de estructuras moleculares, como las enzimas o agentes catalíticos que favorecen la formación de las macromoléculas requeridas para el surgimiento de registros de información genética.

Trazar la frontera entre no vida y vida ha sido y es una tarea ardua dado que estructuras subcelulares y moleculares como viroides, virus y priones[2] también podrían considerarse como seres vivos por su capacidad de propagarse, estabilizarse e interactuar, así sea en un primer momento al interior de compartimientos o matrices físicas inorgánicas preexistentes y, posteriormente, al interior de estructuras celulares. Con el ánimo de repensar el problema del origen de la vida, o mejor, de los sistemas organizados a escalas de tamaño que van de nanómetros (agregados macromoleculares) a varios miles de kilómetros (biomas), y de los medioambientes o ecosistemas generados por ellos, hay que estudiar la continuidad de procesos de transformación de la energía que subyace al paso de lo inerte a lo vivo, aunque la aparición de las primeras células constituya una emergencia de sistemas cualitativamente nuevos por integración de macroestructuras moleculares semejantes a viroides, virus y priones en unas condiciones medioambientales adecuadas.

La diferencia entre lo inorgánico y lo orgánico residiría en la complejidad o grado de organización que le permite alcanzar grados de libertad, o mejor, de autonomía con respecto al medio circundante. En otras palabras, los cuerpos inertes como cristales y minerales adquieren su forma por presiones y fuerzas restrictivas impuestas por el entorno que operan en tiempos geológicos y no ejercen control causal sobre este, mientras que los seres vivos adquieren la forma por una agencia propia que los lleva a preferir una configuración determinada de entre las muchas otras posibilitadas por la construcción de entornos favorables a su propia perpetuación y mantenimiento.

La paradoja de lo viviente consiste en lograr mantener una estructura organizada y propagarla utilizando las fuentes de energía disponibles, sin agotar los recursos que el entorno proporciona. El medio ambiente sería, tanto la matriz generativa que provee recursos y propulsa la evolución de las formas vivas, como el sustrato que absorbe, destruye o subsume las formas vivas que no logran mantener las condiciones para su propagación.

La dinámica de la tierra como sistema autorregulado hizo posible la vida orgánica, la cual al emerger conformó la biosfera que intensifica el mantenimiento de la homeostasis del planeta en su conjunto, es decir, los umbrales de estabilidad entre los cuales varían las concentraciones de gas carbónico, monóxido de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, óxidos de nitrógeno, amoníaco, metano, etc., mediante el balance de las reacciones de oxidación y reducción y la generación de ciclos de retroalimentación. La biosfera ha penetrado todos los intersticios de la superficie del planeta cubriendo las profundidades abisales, incluyendo los ambientes más extremos, en cuanto a temperatura, acidez, salinidad, oscuridad, ausencia de oxígeno, en vetas a más de mil metros de profundidad y en chimeneas termales donde pulula una abrumadora diversidad de arqueobacterias[3]. Por otra parte, los microorganismos se asocian generando películas que como una piel muy delgada cubren gran parte de la superficie del planeta y mantienen su cohesión mediante estructuras virales y otros sistemas moleculares extracelulares[4],[5].

La vida evolucionó en asociación con la propia matriz geológico mineral y cristalina

del planeta. La química de los seres vivos con base en el carbono emergió en estrecha asociación con los minerales, y generó miles de nichos químicos que condujeron a la formación de nuevos minerales, así como la síntesis de nuevos compuestos orgánicos, producidos a medida que los microorganismos primigenios se propagaban. Se conocen más de 5.000 especies minerales, definidas de acuerdo con la composición química y estructura cristalina, pero más de las dos terceras partes son el resultado de los cambios que la vida ha hecho sobre la Tierra. La modificación de dichos minerales sirvió para generar las condiciones favorables a la propagación de la vida.

Según Nick Lane[6], la vida pudo haberse originado en las profundidades marinas, en chimeneas hidrotermales alcalinas conformadas por columnas de silicatos de varios metros de altura, poseedoras de microestructuras porosas recubiertas de catalizadores minerales (sales de hierro). En estas condiciones en ausencia de oxígeno libre y ambiente alcalino, aunada a la catálisis mediada por las superficies minerales internas, se generan flujos de protones [H⁺] a partir del hidrógeno [H₂], a consecuencia de la transferencia de electrones que reducen el gas carbónico [CO₂] dando lugar a materia orgánica. Los flujos de protones constituyen verdaderas estructuras disipativas alejadas del equilibrio, de manera que al interior de laberintos micro porosos se fija el CO₂ promoviendo la síntesis de moléculas orgánicas, como precursores de ácidos grasos, aminoácidos, nucleótidos y azúcares que se condensan en dichos compartimientos. El CO₂, en presencia de sulfuro de hierro [FeS], en un medio alcalino,

promueve la reacción conducente a la formación de metano y agua [CO₂ + 4H₂ = CH₄ + 2H₂O][7]. Las concentraciones de gas carbónico e hidrógeno en el planeta se regulan por la actividad de una serie de procesos atmosféricos y geoquímicos, pero con la aparición de la vida en la Tierra este proceso se hizo mucho más eficiente. Es así como, las condiciones globales propiciaron el surgimiento de sistemas organizados que, desde lo local, refuerzan la estabilización de los parámetros globales. Es decir, la vida surgió en un planeta que ya tenía cierta capacidad de autorregularse y que al generar sistemas organizados fortaleció e intensificó esta dinámica homeostática. Los seres primitivos adosados a las superficies internas de estas microestructuras debieron de haberse rodeado de membranas antes de lanzarse a la exploración de otros nichos posibles.

En este punto Sidney Fox[8] sostiene que la membrana primitiva estaba conformada por proteínas primitivas sintetizadas a partir de aminoácidos generados abióticamente, los cuales generaron agregados moleculares que dan lugar a microesferas, cuya cara interna se convirtió en el medioambiente idóneo para la fabricación de ácidos ribonucleicos (ARN) y el establecimiento del código genético, los cuales condujeron a la producción de una amplia diversidad de péptidos, muchos de los cuales pasaron a ejercer diversas tareas y funciones catalíticas que a la vez servían de moléculas precursoras para la síntesis de otras nuevas. Las proteínas primitivas producidas originalmente eran muy diferentes a las proteínas actuales codificadas genéticamente por cuanto incluían enlaces laterales no peptídicos de donde se originan estructuras ramificadas, y los aminoácidos

constitutivos difieren de los presentes en las proteínas codificadas genéticamente, aunque los más abundantes sean los mismos como la glicina, la alanina, el ácido aspártico y el ácido glutámico[9]. Es decir, lo producido reemplaza funcionalmente a aquello que lo produjo, cerrando un ciclo y generando una diversidad de sistemas autónomos que desempeñan nuevas tareas y funciones. Es decir, los niveles emergentes más complejos refuerzan la actividad de los inferiores. La diversidad de moléculas orgánicas, incluyendo las proteínas, sobrepasa a las sintetizadas en condiciones no biológicas a partir de los aminoácidos generados en atmosferas reductoras por descargas eléctricas e identificados en los experimentos de simulación de atmosferas reductoras primitivas con descargas eléctricas de Miller-Urey[10].

Los virus en estado libre se diferencian en tamaño y morfología de los viriones detectados al interior de las células, como estructuras asociadas a proteínas celulares recubiertas por capas lipídicas. Los virus se reproducen en el medio ambiente que les proporciona las células hospederas, aunque excepcionalmente algunos megavirus[11] se reproducen extra celularmente puesto que sustraen de las células que los albergan una gran cantidad de componentes. De acuerdo con este escenario, los virus fueron diversificándose con la evolución de las formas de vida en que residen. Además, la genómica o el estudio comparativo de las secuencias de ADN y ARN virales, ha suministrado evidencias de que numerosas secuencias de genes identificados en organismos tan diversos, como plantas y animales, o entre vertebrados e invertebrados, o entre protozoos, hongos, plantas y animales, es semejante a la

encontrada en los genomas de retrovirus más antiguos; y que, virus que pululan en organismos muy diferentes filogenéticamente, comparten en lo fundamental los mismos genes y estructuras. Un argumento que, favorece la idea de integrar los virus al enmarañado árbol filogenético de la vida, ubicándolos en el lugar reservado para el ancestro común, conocido por la sigla inglesa LUCA[12]. La existencia de genes indispensables para la replicación compartidos por una amplia variedad de virus, y compartidos por los genomas celulares confirma la idea de un mundo viral primitivo que se ha mantenido desde la vida precelular hasta el presente. La evolución de las células se posibilitó por la mezcla y recombinación de los genes virales primitivos.

La virosfera, o el conjunto de todos los virus que alberga la biosfera es fundamental para explicar la emergencia de los tres grandes dominios, eubacterias, arqueobacterias y eucariotas, e igualmente, la evolución de cada uno de ellos. Las especies existentes han requerido de la presencia, recombinación e integración de genes virales dando lugar a la conformación de sus genomas característicos. Es decir, la gran diversidad de secuencias de ADN de origen viral hace que solamente un porcentaje reducido constituya secuencias altamente específicas y distintivas de cada una de las grandes ramas del mencionado árbol tripartito. En este sentido, los virus constituyen una de las mayores fuentes de la biodiversidad genética existente puesto que al insertarse, alteran las secuencias genéticas de los organismos hospederos a la vez que, sirven como vehículos para la transferencia de genes entre organismos pertenecientes a taxas muy distantes[13].

El concepto mismo del árbol de la vida debería ser reevaluado para ser sustituido por el de una red compleja donde prevalecen las transferencias laterales de información genética mediadas por los virus.

Los virus plantean a los filósofos de la biología la pregunta sobre qué es la vida. Si la vida se circunscribe a ciertas entidades capaces de reproducirse, o si la vida más bien se refiere a procesos dinámicos de transformación de la energía, autoorganización, generación de registros genéticos y capacidad de evolucionar. En este caso, los virus serían los seres vivos más abundantes que al igual que cualquier otro no pueden vivir solos aislados, sino que necesitan un suministro de energía para estabilizarse y propagarse. Se estima que en un mililitro de agua marina hay entre un millón a mil millones de partículas virales, así mismo por cada célula eucarionte hay entre 10 y 100 partículas virales. La vida es un fenómeno de transferencia y transformación energética mediada por interacciones reticuladas y no de partículas o entidades supuestamente aisladas que están listas a atacar a otras.

La vida se estabiliza y evoluciona entre más diversas sean las entidades interactuantes. Genomas muy complejos como el nuestro, están sorprendentemente constituidos en un 8% de secuencias génicas de origen viral, es decir los virus ARN se insertaron por medio de transposiciones y recombinaciones genéticas (transcripción reversa e inserción) acaecidas a lo largo de la evolución. Además, aproximadamente el 70% del ADN humano constituido por secuencias repetidas localizadas en regiones intergénicas y en intrones, correspondiente a segmentos de ADN “saltarines” o transposones, que pueden duplicarse

e insertarse en otras regiones dentro del mismo genoma, son también de origen viral[14]. Por tanto, no debería sorprendernos cuando se afirma que los virus serían nuestros ancestros y mejores amigos, a pesar de que a escalas de la historia humana algunos sean portadores de enfermedades como el VIH, SARS, COVID-19 entre muchos otros[15]. Las relaciones entre virus y humanos se han descrito principalmente desde la medicina por cuanto muchos virus fueron identificados por constituir agentes causales de diversas enfermedades. No obstante, la coevolución entre virus y humanos ha favorecido la generación de modificaciones recíprocas, como la selección de mutaciones virales que superan las barreras inmunológicas entre especies hospederas incentivando la generación de mecanismos de defensa más eficaces. Paradójicamente, una de las maneras de reforzar las barreras protectoras contra los virus es la transferencia genética horizontal, es decir el paso del virus al humano, puesto que una vez que el hospedero ha incorporado dichos genes los modifica modulando sus funciones, y utilizándolo para ejecutar tareas[16] que confieren ventajas adaptativas al hospedero. Esta perspectiva tiene todo sentido a escalas de tiempo evolutivo, la cual contrasta con la percepción que, como una instantánea en el lapso de un par de años, tenemos de una pandemia asociada a la presencia de un virus ARN, el coronavirus Covid19.

Nuestra percepción de los virus ha estado inscrita en el paradigma cultural dominante que resalta el aspecto de conflicto asociado a las enfermedades causadas por ellos. Esta visión inevitablemente se impone en tiempos de pandemia. Pero, dicha percepción debería ser reconsiderada al entender que son agentes biológicos que

tienen significación en sí mismos; toda vez que tienden a propagarse y difundirse actuando como eslabones o ganchos en el entramado de la vida. Además, los virus hacen parte de la densa red de procesamientos de información que da lugar a los registros genéticos más arcaicos compartidos por todos los seres vivos, e igualmente, hacen parte de la red ecológica que sustenta la vida en la Tierra.

Recordemos que la biosfera cubre toda la superficie de la Tierra y algunos kilómetros hacia la atmosfera y hacia el interior, dado que prácticamente no se ha encontrado ningún medio libre de bacterias portadoras de virus, ni siquiera en las condiciones más extremas. La “ubicuidad” de la vida refleja su extraordinaria capacidad de ocupar cualquier espacio libre, con altas velocidades de difusión y penetración en espacios aparentemente inaccesibles, como resultado de las transformaciones de la energía y su almacenamiento en los enlaces químicos propios de la materia orgánica. La biósfera intensifica y direcciona dichas transformaciones de energía en el planeta. De acuerdo con Vladimir Verdansky[17], la biosfera se conforma por el conjunto de especies vivas (99 % autotróficas y 1 % heterotróficas); las materias generadas por los seres vivos como combustibles fósiles y el humus de la tierra; el agua y la parte baja de la atmosfera rica en oxígeno. La biósfera se rige por el principio de la intensificación de la movilización de los elementos químicos a causa de la actividad de los seres vivos. Como mencionaba anteriormente, la distribución y abundancia de minerales en la corteza terrestre después de la aparición de la vida es muy diferente a la existente con anterioridad[18]. La evolución de las especies fue impulsada por las formaciones de silicatos y sustancias calcáreas generadas

por protozoos marinos, y posteriormente en el inicio de la era paleozoica, el incremento en el flujo del calcio a causa de la emergencia de los vertebrados. Igualmente, el surgimiento de la vegetación intensificó la incorporación del gas carbónico y la producción de oxígeno por la fotosíntesis, proceso que se contrarresta por la producción del gas carbónico y la degradación de materia orgánica carbonada mediante por la respiración animal.

ANTROPOCENO

Surgimos como una forma de vida derivada de un linaje de primates en un mundo que llevaba aproximadamente 4.000 millones de años albergando vida sin requerir de nuestra presencia en él. Entramos en escena en la era cuaternaria, como especie modificada de ancestros primates que compartía la Tierra con una gran diversidad de otras especies, con las cuales se establecieron relaciones tanto mutualistas como de competencia en un periodo en que gran parte del globo estaba cubierto de glaciares (pleistoceno). Así como la vida primitiva se refugiaba en micro compartimentos de silicio, el hombre primitivo tuvo que refugiarse en cuevas antes de aventurarse a la exploración del entorno, para salir furtivamente de cacería y así conseguir el sustento necesario para sobrevivir. Pero a diferencia de los primeros microorganismos que modificaron el medio ambiente a su favor, haciendo más habitable el planeta, los humanos se propagaron mediante el exterminio de los grandes mamíferos y deforestaciones a escalas regionales, un proceso conocido como “sexta extinción”[19] que se ha extendido e intensificado a escalas abrumadoras en el presente. A fin de asegurar la manutención, los humanos erradicaron la vegetación

silvestre para crear amplias zonas de intervención agrícola. Con el desarrollo de la agricultura, se construyeron los primeros asentamientos que se constituyeron en nichos en los cuales prosperamos al abrigo de las amenazas y furias de los elementos, generando una diversidad de culturas o modo de pensamiento y acción que conformaban los distintos grupos humanos, sometidos a los caprichos y designios de innumerables dioses, listos tanto a la ira como a conceder favores ante las incertidumbres de nuestra condición.

El auge de las civilizaciones dio lugar, en los valles del Tigris y el Éufrates, del Nilo, el Ganges, el Rio Amarillo, entre otros, a una tendencia hacia la unificación de las fuerzas de la naturaleza, vistas como deidades, en torno a la figura de un dios único universal que, con la llegada del monoteísmo condujo a una visión centrada en un absoluto que rige y gobierna de modo incomprensible el mundo. Con el despertar de la revolución científica, en el renacimiento hace apenas 500 años, destronamos a Dios del centro del universo, y es así como del teocentrismo medieval pasamos al antropocentrismo moderno, dado que nos tomamos en serio la idea judeocristiana de que éramos en efecto, la obra privilegiada de la creación. Una vez usurpado el lugar reservado a la divinidad, se dio rienda suelta a un antropocentrismo que propiciado por un sistema patriarcal de dominación y la expansión comercial unió al mundo por la ruta del Atlántico, dando paso a la consolidación del capitalismo en la conocida revolución industrial. Con el encuentro entre el “nuevo” y “viejo” mundo se dio un intercambio globalizante, de modo que numerosas especies que venían evolucionando en continentes separados traspasaron barreras oceánicas,

homogenizándose por efecto de la actividad humana un buen porcentaje de la flora y fauna, a niveles que no se veían desde el paleozoico y mesozoico cuando la masa continental era una sola (Pangea[20]), antes de que comenzara a fracturarse y dispersarse hace 175 millones de años.

Todavía en los siglos XVIII y XIX, diversos autores defendían que los humanos en efecto tenemos un lugar privilegiado en la naturaleza, ya no por haber sido colocados por Dios en el paraíso, sino como culmen de un proceso evolutivo progresivo direccional tendiente hacia una mayor complejidad cerebral e inteligencia. Pero, Darwin acertadamente mostró que constituimos una especie más en el árbol de la vida, y que hubiéramos podido surgir o no, dado que el mundo seguiría evolucionando y las especies seguirían diversificándose sin que fuéramos una exigencia necesaria de la naturaleza. Pero, a pesar de haber sido destronados en lo biológico de nuestro pretendido lugar privilegiado, en realidad nunca dejamos de considerarnos como las criaturas cuyo destino es alcanzar nuevas escalas de evolución tecnológica sometiendo la naturaleza a nuestro control. En realidad, en lugar de hablar de una humanidad en abstracto, deberíamos hablar de una diversidad de grupos étnicos, culturales y sociales, sometidos a grupos de poder que buscan explotar los recursos de la naturaleza para convertirlos en mercancía, incluyendo dentro de ellos la fuerza de trabajo que incluye no solo animales, sino esclavos humanos pertenecientes a otras etnias y culturas humanas, así como a las mujeres cuyo trabajo productivo y reproductivo se invisibiliza.

Aunque hay mediciones de principios del siglo XIX que sugieren un calentamiento global, tal como lo registró Humboldt, proceso que se intensificó a todo lo largo del siglo XX. No obstante, quedaba sin resolver la pregunta sobre si este calentamiento era resultado de la actividad humana o si estos incrementos correspondían a oscilaciones esperadas dentro del periodo interglaciar. Todo parece indicar que las sociedades tecnológicas avanzadas han incrementado la capacidad de movilizar los recursos dejando una huella imborrable sobre la estructura planetaria. Eugene F. Stoermer y Paul J. Crutzen[21] (1980), propusieron denominar Antropoceno a la era caracterizada por la destrucción de la megafauna, las deforestaciones y desertificaciones, un proceso iniciado en el Holoceno temprano, aunque acentuado en el último siglo. Esta postura suscitó debates sobre si los cambios registrados en las concentraciones de CO₂ y CH₄ atmosférico desde hace 8.000 años, podrían deberse exclusivamente a la actividad humana, y además si estos cambios eran suficientes para alterar de modo irreversible el curso del planeta. La polémica se resolvió parcialmente a raíz de las investigaciones sobre los núcleos de hielo en Groenlandia, que sugerían que no parece existir un estabilizador que pueda hacer que el planeta regrese a una homeostasis. En otras palabras, la Tierra perdió la capacidad de autorregularse. Paradójicamente mientras la vida microbiana sostiene el equilibrio dinámico o la homeostasis de las transformaciones de la materia y energía, la vida humana ha destruido esta homeostasis amenazando el propio curso de la vida, tal y como la conocemos, sobre el planeta.

La idea de definir el Antropoceno en términos estrictamente geológicos basados

en la estratigrafía ha llevado a concluir que, en efecto, se observan depósitos de trazas radiactivas a mitad del siglo XX a consecuencia de las detonaciones atómicas, la primera en Alamogordo (16 julio 1945) y luego en Hiroshima, y a lo largo de un periodo de 30 años en el que demencialmente se detonaron bombas similares, una cada 10 días en promedio. Explosiones que dejaron una huella radiactiva en la forma de una marca estratigráfica que define sin ambages el límite entre las eras geológicas. Podríamos entonces datar el Antropoceno como una era muy reciente de gran aceleración, sometida a una alta emisión de gases CO₂, N₂O, CH₄ y destrucción de la capa de ozono, por la combustión exagerada de petróleo, el consumismo de productos plásticos y de cemento, la destrucción masiva de especies, la deforestación, las alteraciones climáticas, el derretimiento de los cascos polares, el crecimiento de la población, etc. La destrucción de los hábitats de las especies nativas propicia el contacto directo facilitando la transmisión de virus entre ellas, con consecuencias dramáticas en el corto plazo; aunque a escalas evolutivas pueda verse como una contingencia de la que podrían surgir tanto nuevas adaptaciones, como aceleramientos de los procesos de extinción.

En las últimas décadas, ha crecido el consenso en la comunidad científica de que la acción humana ha cambiado en enormes proporciones la geomorfología y la composición de la atmosfera, el suelo y las aguas en todo el planeta, conduciendo a la extinción de las sociedades humanas y de una gran diversidad de especies, a menos que hagamos una transición rápida hacia la auto sustentabilidad, mediante la generación de dispositivos de captación y

almacenamiento de energía altamente eficientes que permitan aprovechar de modo descentralizado la energía solar, eólica y geotérmica en lo fundamental. El Antropoceno corresponde apenas a unos segundos en el reloj de la tierra, si vemos toda su historia como un día de 24 horas, en este sentido, no es una etapa más del holoceno.

El funcionamiento de la Tierra, como un sistema complejo unificado en su capacidad de amortiguar estos cambios (periodo interglaciar), ha perdido su capacidad de resiliencia[22]. El estudio de la dinámica planetaria de los ciclos de retroalimentación sugiere que nos estamos acercando hacia un punto de no retorno, que en caso de ser cruzado causaría un incremento continuado del calentamiento por efecto invernadero. Incluso, si detenemos la quema de combustibles fósiles no sería posible recuperar en el corto plazo de una o dos generaciones, la estabilidad del Holoceno. Hemos disparado la sexta extinción que amenaza con arrastrarnos junto con las demás especies. Sobrepasar dicho punto conducirá a un incremento de temperaturas mayores que las de cualquier periodo interglaciar. En este caso, se producirían perturbaciones dramáticas en los ecosistemas, afectando la economía y la paz mundial. Solamente una acción a gran escala liderada por la comunidad internacional podría desviar el rumbo para lograr estabilizar la temperatura a condiciones todavía habitables. Para ello debemos entender la biosfera, el clima y la sociedad como un único sistema que para ser preservado exige la reducción de combustibles fósiles, la descontaminación del medio ambiente mediante la adopción de cambios culturales y tecnológicos congruentes con estas decisiones políticas.

Hasta ahora, comenzamos a darnos cuenta de que somos los pasajeros de una nave con graves problemas, y paradójicamente, en efecto somos los únicos que podemos ponernos en control, y que por tanto, como sociedad podemos decidir sobre cómo extender el tiempo de vida que nos queda en el planeta. No se trata de jugar a ser el Dios que puede decidir el destino del mundo, puesto que no somos los pilotos exclusivos de la nave. Cualquier decisión debe contribuir al bienestar de la humanidad en su conjunto y no de un grupo social, o de algunas naciones poderosas, además que debemos considerar las posibilidades de evolucionar junto con la gran mayoría de las especies compañeras, tal como lo explica Donna Haraway. Sólo podremos pilotear la nave, desde la perspectiva de la vida (biocéntrica). El humanismo sería una consecuencia de un principio axiológico que pone la vida planetaria en todas sus manifestaciones, como el bien máximo y no al revés.

PANDEMIA VIRAL Y CALENTAMIENTO GLOBAL

Veámos que la vida orgánica al emerger consolidó los ciclos geoquímicos que la hicieron posible, es decir, los intensificó e interiorizó en su estructura haciendo que el equilibrio dinámico entre reacciones de oxidación y reducción, se manifiesten como delicados equilibrios entre respiración y fotosíntesis mediadas por complejas redes ecosistémicas. Pero, la actividad humana parece destinada a destruir irreparablemente este balance conduciéndonos con muchas otras especies a un proceso irreversible de extinción. Se impone, por tanto, una reflexión sobre el sentido de la vida y la existencia. Se podría pensar que veníamos desbocados perdidos

y desligados de nuestra matriz originaria, errando aceleradamente sin rumbo hacia una aniquilación casi inevitable[23], cuando de repente un agente viral, el COVID-19 detiene el mundo. Sin duda alguna, una tragedia de enormes proporciones que nos impulsa a reflexionar sobre las posibilidades en un futuro inmediato. Así las cosas, todavía no parece que seamos conscientes de que podemos desviar el curso, tomando las decisiones que permitan acceder a nuevas formas de vivir.

Debemos preguntarnos a propósito del coronavirus, sobre las causas sociales y económicas que favorecieron su incubación y transmisión, para que pandemias semejantes de mayor o menor impacto no se repitan en el futuro cercano. En este sentido, sería injusto no diferenciar los grupos humanos en cuanto a su responsabilidad en la crisis. Jason Moore da un paso al mostrar que la era contemporánea debería denominarse mejor como Capitaloceno[24], o un periodo de la civilización en que el capitalismo se erigió como el modelo económico hegemónico e incuestionable. Un modo de producción y de relaciones económicas que atenta abiertamente contra la naturaleza, la cual le ha suministrado los recursos materiales y energéticos para su crecimiento y desarrollo. La ofensiva extractivista que no parece respetar límites, se empeña en ampliar al máximo las fronteras para acceder a los recursos de materia, energía y mano de obra y así sostener el incremento continuado de beneficios a un grupo cada vez más reducido de la población. La apropiación de los recursos bióticos y abióticos a escala planetaria da lugar a guerras entre las grandes naciones, incapaces de desactivar el potencial destructivo de sus arsenales nucleares. Es insensato que dirigentes

mundiales todavía propugnen por la eliminación de regulaciones al capital financiero, dando lugar a una especulación donde la fluctuación en los valores de la bolsa incide en las decisiones que se toman sobre la rentabilidad de las inversiones, es decir la orientación de los flujos de energía, generalmente hacia una acumulación financiera que no reconstituye el sustrato biótico que sustenta a la creciente población humana. Hay responsabilidades sociales y políticas que deben ser asumidas por las grandes corporaciones transnacionales y los gobiernos que se someten a sus dictados. Los detentadores del capital con tal de que no se afecten sus intereses a corto plazo, promueven la idea del fracaso de otros modelos económicos que no se han implementado, y venden la idea de un salvador divino manipulado por carismáticos líderes políticos, al tiempo que promueven por todos los medios un negacionismo climático, la guerra contra las vacunas, la violencia, el conflicto armado permanente, el hambre, la enfermedad, el fanatismo religioso, la mentira, etc.

La desregulación de la economía neoliberal es lo opuesto a lo que ocurre en los procesos de autoorganización lejos del equilibrio termodinámico. La biología muestra que los sistemas que irrumpen aprovechan al máximo los gradientes de energía accesibles y los utilizan para invertirlos en su crecimiento, desarrollo y reproducción, pero de un modo tal que nunca agotan los recursos por cuanto esto afectaría su estabilidad y posibilidades de propagación. Además, los sistemas ecológicos no solo no agotan los recursos, sino que potencian su capacidad, a consecuencia de la diversificación de tareas y funciones que ejercen las especies involucradas que robustecen la trama de la vida.

Es decir, después de una etapa rápida de crecimiento y expansión, se estabilizan en un estado de máxima utilización de los recursos, dentro de restricciones impuestas por la interacción con otros sistemas en un medioambiente determinado. Los sistemas impulsan su desarrollo y mantienen su organización, alcanzando un punto en el que se da la máxima movilización de materiales y consumo de energía que se invierten en crecer y desarrollarse o diferenciarse internamente, jerarquizando las funciones y tareas a ejecutar. No hay desperdicios, lo que unos dejan, los otros lo utilizan. Las entidades vivientes en realidad son “Holobiontes” o sistemas formados a partir de la asociación de una diversidad de organismos y microorganismos que funcionan como una unidad ecológica, mediada por relaciones de cooperación, simbiosis y ayuda mutua.

La curva del crecimiento de la energía que circula en los ecosistemas muestra un acenso rápido exponencial, que rápidamente se estabiliza dando lugar a ecosistemas estables que permiten el sustento de una comunidad diversa de organismos como lo muestran Lotka y Volterra. Los virus proliferan asociándose a todo tipo de vida uni y multicelular, y en la mayoría de los casos le proveen de herramientas moleculares para cumplir sus funciones, y en otros las afectan, pero nunca al punto de exterminar a los hospederos que infectan. Las células no crecen indefinidamente, sino que se dividen y diferencian, los organismos restringen el número de células que los constituyen, los depredadores no exterminan a las presas.

La pandemia que atravesamos es solo una manifestación de la ruptura que hemos generado en las dinámicas autorreguladoras

del planeta y de la vida. La interconectividad e impredecibilidad de los procesos naturales hace que lo que afecta a otros también nos afecte, todos somos uno. La vida es un fenómeno de interacción reticulada y no de partículas o entidades aisladas. La pandemia viral podría pensarse como una defensa del planeta contra la depredación humana que ha afectado al hábitat de sus hospederos animales. La acción inmediata sería la vacunación masiva en el corto plazo, pero si la salud del planeta continúa empeorando pronto estaremos afrontando pandemias semejantes. Hemos sobrepasado los límites, y de no actuar rápido seremos incapaces de responder a las ya anunciadas catástrofes climáticas y ambientales.

La autoorganización se dispara con la apertura al flujo de energía y materiales del entorno, y se ve disminuida por el cerramiento parcial. Los modelos teóricos de sistemas virales primitivos muestran que la generación de compartimientos y la cooperación entre las moléculas de un conjunto auto catalítico incrementan las probabilidades de su persistencia y propagación. Para ganar autonomía sobre el medio ambiente debe mantenerse el suministro de las moléculas primarias más simples, así como la agregación por auto ensamble que da lugar a membranas que impiden la difusión y dispersión de las otras moléculas del mismo conjunto en el medio externo, de modo que la organización del conjunto auto catalítico se pueda propagar. Mecanismos análogos se han descrito para explicar la reproducción de virus al interior de las células. De modo semejante, los organismos requieren de su medio ambiente para acceder a los nutrientes y demás elementos que necesitan para su subsistencia, pero de modo paradójico deben estar suficientemente protegidos

de las influencias adversas del ambiente que pueden afectar su integridad. Por esta razón, deben crear un entorno inmediato que se constituye en su nicho, para así prosperar a pesar de perturbaciones inesperadas procedentes del medio externo. En este sentido, el nicho reúne un conjunto de condiciones que posibilitan y permiten a los seres vivos expresar su autonomía. Los organismos con sus nichos conforman una unidad que les permite mantenerse estables ante las perturbaciones externas posibles. El crecimiento indefinido agota los recursos y a largo plazo hace imposible la vida para todos.

Las civilizaciones humanas han prosperado, pero también se han agotado, para ser reemplazadas por otras. Sin embargo, en el presente, estamos ante una situación inédita en que la globalización económica por un lado y la conectividad entre los diferentes ecosistemas a nivel planetario hace que las restricciones y regulaciones deban ser autoimpuestas por la especie que se ha constituido en el factor de mayor impacto en el planeta. Pero, ante una humanidad heterogénea y estratificada en grupos de poder tan desiguales, son los sectores marginados por condición de género, etnia, clase social, cultura, y procedencia geográfica, los que deben organizarse para lograr que se tomen decisiones concertadas y guiadas por el interés colectivo. Si no cambia el sistema económico de acumulación y explotación, se afectará de modo irreversible el curso del planeta, arrastrando consigo las formas más complejas de vida y la civilización humana, dejando un sustrato de virus, bacterias y microorganismos que encontrarán quizás la manera de habilitar otras rutas evolutivas.

La crisis sanitaria generada por el Antropoceno debería constituirse en una oportunidad para despejar un horizonte de posibilidades realmente accesibles, o por el contrario la evolución del planeta continuaría sin nuestro concurso. Debemos propugnar para que la crisis se convierta en un paso decisivo hacia una sociedad basada en el apoyo mutuo y la solidaridad, auto sostenible, impulsada por fuentes de energías renovables (solar, eólica, geotérmica, ...), el reaprovechamiento de los recursos y demás medidas que potencien la vida orgánica en todas sus formas, incluyendo la descendencia de los humanos a futuro. La naturaleza es un sistema unificado, ni azaroso ni determinista, creativo e impredecible, donde coexisten tensiones profundas que potencian la emergencia de instancias armonizadoras, mediante un principio general de organización.

Para concluir, un virus le propone a la humanidad una oportunidad única para valorar el mantenimiento de los ciclos orgánicos mediante una práctica económica basada en el cuidado y la propagación de la vida en el mayor número de formas posibles. La mejor manera de honrar la vida de compañeros y familiares muertos en esta pandemia radica en tomar en serio las enseñanzas y oportunidades de cambio que nos ofrece. La salud del planeta es la mejor garante de la salud de sus habitantes. La vacuna es una medida necesaria para afrontar esta situación, pero una vez superada no podemos continuar con el modelo de desarrollo que ha favorecido la dispersión del virus. Afortunadamente se está gestando una conciencia colectiva global, facilitada por las tecnologías de la

comunicación. Se está gestando una compleja red que procesa información de lo local a lo global y viceversa, la cual al retroalimentarse permanentemente en tiempo real, funde en un solo proceso lo mental y lo material, lo humano y lo natural

Pies de página

[1] Holoceno es un término que se refiere a la etapa reciente o “completamente nueva”, definida por Gervais en 1860, para denominar una época que comenzó hace 11.700 años al finalizar la última glaciación donde el calentamiento permitió unas condiciones climáticas más o menos estables, beneficiosas para el desarrollo y propagación de las civilizaciones.

[2] Los viroides son agentes que poseen un ciclo extracelular caracterizado por la inactividad metabólica y un ciclo intracelular en el que replican, pero a diferencia de los virus, no poseen capsulas de proteínas. Los virus son agentes conformados por moléculas de ADN o ARN, encerradas dentro de capsulas proteínicas. Se replican dentro de las células de otros organismos, las cuales son guiadas por los genes virales para producir los ácidos nucleicos y las proteínas requeridas para formar nuevos virus. Los priones son proteínas que se pliegan de modo anómalo y son capaces de transmitir su estructura a otras variedades de la misma proteína. Fueron identificados inicialmente como agentes infecciosos responsables de la transmisión de encefalopatías espongiformes, a pesar de no portar información genética.

[3] Las arqueobacterias son microorganismos procariotas que, al igual que las bacterias, no poseen núcleo ni organelos intracelulares. Exhiben grandes diferencias bioquímicas y genéticas con las otras formas de vida, razón por la cual se clasificaron como uno de los tres grandes dominios propuestos por Carl Woese: Archaea, Bacteria y Eukarya. Las arqueas fueron identificadas en ambientes extremos tales como profundidades marinas, aguas termales y lagos salados, además de hábitats como el suelo, el plancton marino, los pantanos y el colon humano. Muchas poseen actividad metanogénica y desempeñan un papel importante tanto en el ciclo del carbono como en el ciclo del nitrógeno.

[4] Eugene V Koonin and Valerian V Dolja. 2013. A virocentric perspective on the evolution of life Current Opinion in Virology pp; 3-15.

[5] Tom J. Battin, Katharina Besemer, Mia M. Bengtsson, Anna M. Romani & Aaron I. Packmann. The ecology and biogeochemistry of stream biofilms. Nature Reviews Microbiology (2016) vol 14, pp: 251–263.

[6] Nick Lane. The Vital Question. (London: Profile Books 2015).

[7] Para que el H₂ y el CO₂ reaccionen se deben sobrepasar unas barreras energéticas: una para generar formaldehído (HCHO) y metanol (CH₃OH), y otra para producir metano (CH₄), dependiendo del flujo protónico. Las reacciones de óxido-reducción implican una transferencia de electrones del H₂ al aceptor CO₂. El potencial de reducción del H₂ a pH 7 es de -414mV, lo cual constituye una barrera energética muy alta. Entre más protones estén disponibles, las cargas se equilibran y la transferencia de electrones al CO₂ se facilita, así como la transferencia de electrones a los protones para obtener H₂ gaseoso, ambos ayudando a la síntesis de materia orgánica. Digno de resaltar el hecho de que el gradiente protónico estimado a través de las membranas celulares es semejante al que se encuentra naturalmente en chimeneas alcalinas [H₂ a pH10; CO a pH 6]. La transferencia de electrones se facilita por FeS, que conforma las paredes ultradelgadas de los microporos de silicatos en las chimeneas. Dicha estructura física favorece la reducción de CO₂ por el H₂ para dar compuestos orgánicos, mostrando una continuidad con la bioquímica de las Archeas metanogénicas que viven de H₂ y CO₂.

[8] Sidney W. Fox. The Evolutionary Sequence: Origin and Emergences. The American Biology Teacher (1986) 48 (3): 140-149-169.

[9] Lynn Margulis y Dorion Sagan. ¿Qué es el sexo? (Barcelona : Tusquets Editores 1998) 22.

[10] En 1953, Stanley Miller y Harold Clayton Urey demostraron experimentalmente la formación de moléculas orgánicas como aminoácidos a partir de sustancias inorgánicas en condiciones ambientales adecuadas, semejantes a las que se asumen que pudo tener la tierra cuando la atmosfera era de carácter reductor.

[11] Bernard La Scola, Stéphane Audic, Catherine Robert, Liang Jungang, Xavier de Lamballerie, Michel Drancourt, Richard Birtles, Jean-Michel Claverie, Didier Raoult. A Giant Virus in Amoebae. Science (2003): Vol. 299, no 5615, pp. 2033. DOI: 10.1126/science.1081867

- [12] Last Universal Common Ancestor.
- [13] Julia Durzyńska & Anna Goździcka-Józefiak. Viruses and cells intertwined since the dawn of evolution. *Virology Journal* (2015) 12:169
- [14] Feschotte C., S. R. Wessler, and X. Zhang, 2002 Miniature Inverted-Repeat Transposable Elements and Their Relationship to Established DNA Transposons. *Mobile DNA II* 1147–1158.
Feschotte C., and E. J. Pritham, 2007 DNA transposons and the evolution of eukaryotic genomes. *Annu. Rev. Genet.* 41: 331–368.
Feschotte C., U. Keswani, N. Ranganathan, M. L. Guibotsy, and D. Levine, 2009 Exploring repetitive DNA landscapes using REPCLASS, a tool that automates the classification of transposable elements in eukaryotic genomes. *Genome Biol. Evol.* 1: 205–220.
- [15] Karin Moelling, *Viruses: More Friends than Foes*, (World Scientific Press, Singapore, 2017).
- [16] V.V. Zverev, G.S. Krasnov, F.P. Filatov, A.V. Shargunov, *Viral Component of the Human Genome*. *Molecular Biology*, 2017, Vol. 51, No. 2, pp. 205–215.
- [17] Mikhail Ya Marov. Vladimir Ivanovich Vernadsky. *The Science of the Biosphere and Astrobiology*. 21st Century Science and Technology “150 of Vernadsky”, 2013. Pp:5-22.
- [18] Walther Cloos. *The Living Origin of Rocks and Minerals*. Traducción Katherine Castelliz y Barbara Saunders-Davies. (Launceston, United Kingdom: Lanthorn Press 1978).
- [19] Leakey, R. y Lewin R. 1995. *The sixth extinction. Patterns of /life and the future of humankind*. Doubleday, New York. 271
- [20] Hace aproximadamente 300 millones de años, los continentes se unieron a causa del movimiento de las placas tectónicas formando uno solo, Pangea.
- [21] Crutzen, Paul J. “Geology of Mankind”, *Nature*, 2002. vol. 415, núm. 6867, p. 23.
Crutzen, Paul J. y Eugene F. Stoermer. “The ‘Anthropocene’”. *Global Change Newsletter*, 2000. núm. 41, pp. 17-18
- [22] Will S, J. Rockströma, K. Richardsonc, T. M. Lentond, C.Folkea, D. Livermanf, C. P. Summerhayesg, A. D. Barnoskyh, S. E. Cornella, M. Crucifixi, J. F. Dongesa,, I. Fetzera, S. J. Ladea,, M. Schefferl, R. Winkelmannk, and H. J. Schellnhubera. Trajectories of the Earth system in the Anthropocene. *PNAS* | August 14, 2018 | vol. 115 | no. 33
- [23] ‘The Anthropocene is the period when human activity acts as a major driving factor, if not the dominant process, in modifying the landscape and the environment’ Certini G and Scalenghe R (2011) *Anthropogenic soils and the golden spikes for the Anthropocene*. *The Holocene* 21(8): 1269–1274.
- [24] Moore, J. (2016). *Anthropocene or Capitalocene?: Nature, History, and the Crisis of Capitalism*. Edited by Jason W. Moore © 2016 PM Press. Oakland, CA.