



CIENCIA PARA REVISAR LA CONCIENCIA

Cuando afirmamos que nuestra vida es consciente, queremos decir que tenemos conciencia de nuestros actos y de lo que nos mueve a obrar. Si en esta explicación cambiamos la palabra conciencia por conocimiento el sentido de lo dicho sigue siendo el mismo, al menos en términos prácticos, ya que basamos la conciencia de lo que hacemos en el conocimiento de nuestras acciones. Sin aclarar la relación entre conciencia y conocimiento quiero presentar a ustedes algunas reflexiones acerca de lo que sabemos gracias al quehacer científico y dar algunas pautas que puedan ayudar a revisar que tan consciente es la vida humana actual.

Empezaré esbozando la imagen del Universo elaborada mediante el quehacer científico, ordenando sus partes por tamaños. Así, en términos de lo grande, podemos decir que las componentes principales del Universo son las estrellas y que éstas están agrupadas en galaxias. El número de estrellas en una galaxia es del orden de 1,000 millones y el de galaxias es el mismo. Imaginando al Universo como una esfera, su radio actual es del orden de 10,000 millones de años-luz y está aumentando, ya que las galaxias se separan unas de otras con velocidades que crecen proporcionalmente a sus distancias. Nuestra galaxia es un disco de 100,000 años-luz y el Sol está situado muy lejos del centro, a 30,000 años-luz.

Hay estrellas de diferentes tamaños y de distintas masas pero todas siguen un mismo patrón evolutivo: se forman a partir de cierto tipo de nubes, permanecen en un estado de equilibrio estable durante varios millones de años y terminan en una forma que determina su masa. Las masivas explotan originando supernovas y pulsares y las más masivas terminan en hoyos negros. Estos no son los únicos objetos extraños que conocemos en el Universo. Hay también cuasares, fuentes de rayos X, núcleos galácticos activos y debe haber también "materia oscura". El elemento más abundante en el Universo es el hidrógeno y le sigue el helio, en proporción de 1 a 10 átomos; ambos forman el 98% de la materia conocida.

El Universo actual es el resultado de un proceso evolutivo iniciado hace 13,000 millones de años y que seguirá por mucho tiempo. Aunque todavía no podemos dilucidar si tuvo un principio, sabemos que antes de su primer septillonésimo de segundo de vida estaba reducido a un tamaño pequeñísimo con una enorme energía y una altísima temperatura. En esas condiciones el Universo era una "sopa de cuarc y leptones" y las interacciones fundamentales se manifestaban de manera diferente que ahora. A causa de la fuerza gravitatoria, que entonces ejerció un acción repulsiva, el Universo se infló durante un cortísimo tiempo, originando una situación más favorable para la creación de las formas actuales de materia. La existencia de protones y neutrones fue posible al cumplirse el primer centésimo de segundo y poco después de tres minutos se formó otra "sopa", la conocida como "de materia y radiación".

300,000 años después, gracias al enfriamiento, se acabó la "sopa de materia y radiación" con lo cual la materia empezó a existir de manera permanente y formó grumos que dieron lugar a la formación de galaxias. El fin de esa sopa originó la radiación fósil, que es la fuente principal de información que ahora tenemos para conocer los primeros momentos del Universo. Lo más notable de esta radiación es su aparente isotropía, con la consecuente uniformidad de su temperatura que ahora es 3K. Las galaxias, cuyos inicios están relacionados con los cuasares, evolucionaron propiciando la formación de estrellas y configuraron el Universo que ahora conocemos.

En nuestra galaxia, hace 5,000 millones de años, habían habido ya varias generaciones de estrellas, algunas de las cuales produjeron supernovas cuyos restos estaban dispersos. Una parte de éstos chocó con una nube estacionada cerca de la orilla y convirtió una gran masa de tenue gas en una mole compacta y densa de la cual se formó el Sol y sus planetas. El Sol es una estrella amarilla ordinaria, no muy masiva, de tamaño 109 veces mayor que la Tierra y con una masa 333,000 veces más grande. Posee un núcleo en el que se genera la enorme energía que lo caracteriza y su exterior se distingue por una superficie en la que hay gran actividad con cambios periódicos. Emite, además de la consabida luz, otras radiaciones así como viento solar, que también influye en sus planetas.

Hay dos clases de planetas: los terrestres, o interiores, y los jovianos, o exteriores. Los primeros - Mercurio, Venus, Tierra y Marte - son rocosos y están formados por elementos pesados como el silicio y el hierro. Los segundos - Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno - son gaseosos, tienen anillos y muchos satélites. Los planetas terrestres y los jovianos están separados por una distancia notable y entre ellos se encuentra una banda de asteroides. Plutón es un caso especial y el Sistema solar cuenta con otros cuerpos menores importantes: los meteoritos y los cometas.

La Tierra es un objeto único en el Universo. Ella alberga la vida y ésta ha conformado su parte externa formando, por ejemplo, la atmósfera actual. Nuestro planeta tiene 4,500 años de existencia y ha evolucionado mucho. Está formado por un núcleo y dos capas: el manto y la corteza, pero si se quisiera considerar "de un pieza" lo mejor sería pensarlo como una enorme gota de líquido viscoso. De esta manera puede facilitarse la comprensión de fenómenos terrestres característicos como la deriva continental y el campo magnético.

Otro elemento básico de nuestro planeta es los océanos. Ocupan el 71% de la superficie terrestre, controlan la mayor parte de la energía solar que recibe la Tierra y constituyen el mayor habitat de los organismos vivos. Menos conspicua, aunque de similar importancia, es la atmósfera terrestre. Gran parte de la energía solar se convierte en calor en ella y los vientos la distribuyen en toda la superficie terrestre. La atmósfera ocupa un volumen de varios cientos de kilómetros de altura y una de sus partes altas, la ionósfera, impide la entrada a la Tierra de ciertas radiaciones, protegiendo la vida. El comportamiento de los océanos y la atmósfera está íntimamente relacionado y es un factor determinante del clima

terrestre. Para describir a éste se distinguen diferentes escalas temporales y cuando se considera la de corto plazo se habla del "estado del tiempo"; el comportamiento del clima a largo plazo corresponde a la historia evolutiva de nuestro planeta y entre estos extremos se sitúan los cambios estacionales y las variaciones anuales del clima terrestre.

He dicho ya que la Tierra se distingue de otros cuerpos celestes por albergar la vida y debo agregar que éste es el fenómeno más rico y complejo que conocemos. Los seres vivos están hechos de materia ordinaria - moléculas orgánicas, agua, iones y migajas de ciertos elementos químicos - y su funcionamiento obedece las leyes de la Física. Los mismos se caracterizan por su estabilidad, la cual logran gracias a su capacidad de intercambiar materia con sus alrededores y de ajustarse a los cambios, no muy grandes, que ocurren en sus vecindades. La más señalada característica de los seres vivos es su poder de reproducción.

Las moléculas orgánicas de la química de la vida son los carbohidratos, los lípidos, las proteínas y los ácidos nucleicos. De éstos últimos los más importantes son el ADN (ácido desoxirribonucleico) y el ARN (ácido ribonucleico) que son las moléculas que manejan la información que permite fabricar y controlar la producción de las moléculas necesarias para la vida de los organismos. Esta información se organiza y se conserva mediante el código genético y se transfiere siguiendo reglas precisas que son básicas para entender el crecimiento y la conservación de los organismos vivos, así como las leyes de la herencia. Es importante señalar que el código genético es universal, esto es, es el mismo para todos los seres vivos.

La vida apareció en la Tierra hace 3,500 millones de años y es el resultado de un proceso evolutivo iniciado con la formación de compuestos de "materia inorgánica" - cierto tipo de polímeros -. La fecha mencionada señala la presencia en nuestro planeta de las funciones: metabolismo y replicación, sin las cuales no se puede hablar de vida. Para la realización de estas funciones fue necesaria la existencia de un "código genético", que muy probablemente estuvo albergado en el ARN. Con la existencia de estas funciones fue posible seguir adelante para lograr la formación de células procariontas, inventar el ADN - con mecanismos de supresión de errores de información -, descubrir la locomoción y el sexo, y lograr células eucariontas.

Aunque las células eucariontas aparecieron hace 1,400 millones de años, la vida permaneció en dimensiones microscópicas y en estructuras predominantemente unicelulares hasta hace 670 millones de años. Entonces empezó a proliferar en una forma que prefiguró a la vida actual, primeramente en los océanos para después desarrollar la terrestre. La evolución de la vida ha sido un proceso permanente, caracterizado por transformaciones graduales que se acumulan con el tiempo, por lo que la herencia ha sido determinante. Los elementos básicos del proceso hereditario son los genes, por lo que éstos constituyen la reserva del desarrollo evolutivo. Sin embargo el

secreto de la evolución de la vida es la selección natural.

Aunque la evolución biológica comenzó a apresurar la diversificación de las especies hace 550 millones de años, no fue sino hasta hace poco más de 3 millones de años que se inició la gestación de la especie humana. Esta fue muy rápida y logró características extraordinarias: un cerebro muy grande, dientes y mandíbulas no muy fuertes, cuerpo erguido con poco pelo y locomoción bípeda, manos con forma y cualidades superiores a las de los otros primates y una mente dotada de una memoria semántica y capaz de manejar un lenguaje simbólico. Sin embargo, en términos zoológicos *Homo sapiens* es muy similar a otras especies cercanas: las proteínas humanas y las de los chimpancés, por ejemplo, son idénticas en poco más de un 99%.

Como muchas otras especies, particularmente las de mamíferos, la humana está caracterizada por su estructura social. Esta se deriva de su desarrollo evolutivo y los avances recientes de la Biología, especialmente de la genética, la etología y la ecología de poblaciones, auxiliadas por otras disciplinas como la estadística y la teoría de los juegos, están permitiendo comprenderla. Gracias a estos avances podemos explicar ya fenómenos como el altruismo, la agresividad, la sexualidad, la inclinación a dominar territorios y a competir por los recursos naturales, así como las cualidades de las relaciones familiares, especialmente las "de pareja".

La cultura, entendida como la herencia no genética, es también materia de estudio científico, máxime cuando ha sido elaborada y modelada por imperativos biológicos. *Homo sapiens* nace en un ambiente cultural y su vida aporta, en diferentes grados, ingredientes para el desarrollo de ese ambiente. En esta aportación la herencia genética es un factor importante y, por la otra parte, la vida del hombre está condicionada por el medio cultural. Por esta razón la conducta humana es un producto evolutivo resultante de la influencia mutua de la herencia genética y la cultura. Un objetivo manifiesto de los estudios del comportamiento de las sociedades humanas y de sus integrantes es el conocimiento de la "naturaleza humana".

La cualidad humana por antonomasia ha sido siempre la razón y, hablando grosso modo, esta cualidad ha sido situada en la mente. Esta, a su vez, ha estado siempre ligada, en una o en otra forma, al cerebro. Ahora sabemos que la mente, más que una sustancia o un espíritu, es una colección de procesos cerebrales y que el cerebro es un producto de la evolución biológica y como tal es el resultado de la selección natural. El conocimiento que hemos logrado del funcionamiento cerebral proviene no sólo de la neurobiología sino también de la teoría de la evolución, de la exobiología y de las ciencias de la computación, en especial del desarrollo de la "inteligencia artificial".

El cerebro humano es la estructura más compleja del Universo conocido. Sus elementos constitutivos básicos son las neuronas y hay 100,000 millones de ellas en cada cerebro, aunque su importancia

funcional no está en su número, sino en la manera en que se especializan y se relacionan. La transmisión de información en el cerebro se realiza mediante procesos químicos y señales eléctricas, siendo los primeros los que determinan las principales características mentales. El reto principal de la ciencia contemporánea es el entendimiento de la conciencia.

El apretado repaso que estoy haciendo de la imagen del Universo, partió de lo grande y descendió con la clara orientación de llegar al hombre. Empero, en todo el camino, la idea de que todo es material ha estado siempre presente, por lo que toca ahora su turno al repaso de lo pequeño. La materia es la sustancia de que está hecho el Universo y su estructura es "atómica", esto es, está formada por objetos indivisibles: las partículas fundamentales. En condiciones favorables éstas se agrupan para formar distintas estructuras, a saber, núcleos, átomos y moléculas, cuyos tamaños son muy diferentes, y establecen una jerarquía, ya que los núcleos son la base de la formación de los átomos y éstos las componentes de las moléculas. Cabe recordar aquí que en un recipiente con volumen de un centímetro cúbico en el que se ha encerrado un gramo de oxígeno gaseoso, hay casi 20,000 trillones de moléculas y que el tamaño de los átomos del oxígeno es apenas un diezmillonésimo de milímetro.

Los problemas para comprender al mundo microscópico están en que el comportamiento de los cuerpos que forman ese orbe es muy diferente al de los objetos que componen el mundo de la experiencia cotidiana. Las leyes que describen al mundo microscópico son las de la Física cuántica, la cual se distingue por haber rectificado la noción de partícula y por la descripción que da de su comportamiento al mostrar que es de naturaleza probabilista. Por lo tanto, cuando se considera la estructura de la materia o cualquier otro aspecto del mundo microscópico, se sobrentiende que se están empleando los términos de la Física cuántica. En particular cuando se habla de partículas, en especial de las fundamentales, debe entenderse que se trata de conceptos cuánticos.

Para describir la estructura de la materia es necesario conocer las fuerzas que las partículas ejercen entre sí, ya que éstas son las que hacen posible que se agrupen para formar núcleos, átomos y moléculas. Aunque este conocimiento es independiente de la Física cuántica, las leyes de ésta condicionan la naturaleza de las fuerzas posibles, con el resultado de que éstas deben tener también una estructura "atómica", esto es, que para su descripción es necesario considerar también partículas. Las fuerzas básicas en el Universo conocido - las llamadas interacciones fundamentales - son: la electrodébil, la "de color" y la gravitacional. Las partículas asociadas a estas fuerzas son el fotón y los bosones W y Z, en el primer caso, y los gluones, en la de color. Todavía no hay una teoría cuántica de la gravitación aunque algunos, convirtiendo una posibilidad en realidad, hablan ya de gravitones.

Las partículas fundamentales forman dos familias: los cuarc y los leptones. Los primeros se denominan con letras y hay los u, los d, los s, los c y los b, existiendo fuertes razones para suponer que hay

un cuarc más: el t. Los leptones son seis: el electrón, el muón, el tauón y los neutrinos electrónico, muónico y tauónico. En las condiciones ordinarias del mundo cotidiano sólo existen el electrón, el neutrino electrónico y los cuarc u y d, aunque estos últimos nunca en forma aislada. Mediante la interacción de color estos cuarc, con la asistencia de la fuerza electrodébil, forman protones y neutrones, que son las componentes de los núcleos atómicos. Gracias a sus propiedades eléctricas los núcleos mantienen unidos a los electrones para formar los átomos. Las moléculas están compuestas de átomos unidos por fuerzas derivadas de las eléctricas y constituyen un conjunto muy variado, ya que las hay tan simples como la que forma el hidrógeno gaseoso - dos átomos ligados - o tan complejas como las proteínas y el ADN, en cuya formación intervienen cientos de átomos de varias clases.

Al hablar del origen del Universo mencioné que éste, en sus primeros momentos, fue una "sopa de cuarc y leptones" y que a partir de esta materia prima se elaboró todo lo que ahora existe. Puede parecer sorprendente que al considerar la evolución del Universo lo grande se conecte con lo microscópico; sin embargo una revisión de las bases del pensamiento científico pronto nos convencerá de que esto era de esperarse. No hay que olvidar que el Universo está hecho de la misma materia, que las leyes de la naturaleza son universales y que es posible confrontar los saberes de las distintas disciplinas científicas.

La imagen del Universo que he esbozado es la emergente del quehacer científico actual. Esta puede compararse a la figura que se descubriría si se armara un gran rompecabezas. En tal caso las piezas han sido construidas por las diferentes disciplinas científicas y han sido aportadas con la seguridad de que describen, satisfactoria y cabalmente, la parte del Universo a la que cada una de ellas está avocada. Es importante observar que tales piezas se acoplan bien y que cuando algunas cubren el mismo aspecto se puede usar cualquiera de ellas. Lo notable es que, aunque todavía faltan piezas y hay algunas dudosas, la figura que buscamos ya puede reconocerse, por lo que poco importa que todavía haya regiones vacías y que el acoplamiento de algunas partes parezca "un poco forzado".

El conocimiento científico no es definitivo pero es un saber muy confiable. La seguridad que nos brinda se funda principalmente en la forma en que se elabora y ahora muchos la basan en el poder predictivo y constructivo del quehacer científico. Así ni debe extrañarnos que en un futuro cambie la imagen del Universo que ahora tenemos, ni tampoco que la nueva carezca de relación con la actual. Las soluciones que la ciencia está encontrando a sus problemas no cierran los casos, sino que nos enseñan a tratarlos; quizá aclare mejor este punto si digo que la ciencia, más que resolver un problema lo domestica y nos muestra cómo estudiarlo. El origen de la vida en la Tierra no es un asunto resuelto pero tampoco es un misterio, es decir, algo que no pueda tratarse científicamente.

Otra característica del quehacer científico actual, que debo subrayar aquí, es que está proporcionando los elementos necesarios

para relacionar e integrar las diferentes disciplinas científicas. Es cierto que todavía los especialistas siguen sin poder comunicarse, por ejemplo, casi ningún físico se entiende con un matemático. Sin embargo el enfoque de los problemas, la puesta en contexto de los mismos y el esfuerzo por aprovechar experiencias de otros campos, permite ya intentar síntesis, relacionar conocimientos de diferentes disciplinas y buscar un saber unificado. Algunos verán en esto los inicios del triunfo del reduccionismo y otros el descubrimiento de la deseada unidad de la ciencia. No es éste el lugar para analizar estos asuntos, por lo que me limitaré a señalar que la imagen del Universo que he delineado es un logro de los últimos años.

No puedo terminar mi revisión del conocimiento científico sin comentar algunos puntos de su desarrollo. Lo primero que diré es que aunque el "boom" de la ciencia se atribuye al presente siglo, los avances definitivos se realizaron después del fin de la Segunda guerra mundial. Algunos piensan que el detonador del "boom" real de la ciencia fue la explosión de la bomba atómica, ya que después de ella los científicos fueron - al fin - reconocidos y apoyados, tanto social cuanto económicamente. La llamada Gran ciencia se inició en esa época y el estilo actual de hacer "ciencia aplicada" se consolidó en los mismos años. Terminaré este asunto señalando que si bien la liberación de la energía nuclear unió indisolublemente al hombre con su conocimiento científico, al mostrar en forma espectacular y tangible su uso práctico, hay otros logros que lo comprometen aún más. En mi opinión los principales son el descubrimiento de la Física cuántica, que ha cuestionado el conocimiento de la realidad en nuestra exploración del Universo y el entendimiento de la transmisión de la información genética, que está permitiendo modificar profundamente nuestra herencia.

Al principio de mi exposición afirmé que en lo que se refiere a la vida consciente se pueden intercambiar las palabras conciencia y conocimiento e insinué que una fuente importante de éste es la ciencia. Sin embargo el título del coloquio menciona a la conciencia y lo usual es emplearla para hablar de toma de conciencia o formación de conciencia, para lo cual también es necesario el conocimiento. Aunque este asunto es una cuestión personal la transmisión del conocimiento es una responsabilidad de quien lo posee. No sobra entonces repetir aquí que es necesario que el conocimiento científico se divulgue, no sólo en forma amplia y permanente, sino también en forma profunda y detallada. También prometí, al iniciar mi plática, dar algunas pautas para ayudar a la revisión de la vida consciente, lo cual haré formulando algunas preguntas. Mi sugerencia es que estas preguntas se precisen, se amplíen y se intenten responder con base en la imagen del Universo que la ciencia ha construido. Debo decir que, en mi opinión, el ejercicio que propongo está bien planteado y que, tratándose de una actividad basada en el quehacer científico, al hacerlo no está permitido usar datos ni argumentos provenientes de otras imágenes del Universo.

Las preguntas prometidas son: ¿cuál es el origen del hombre?, ¿qué es la naturaleza humana?, ¿qué relación hay entre lo innato y lo aprendido?, ¿qué es la verdad?, ¿hay límites al conocimiento?, ¿qué

es la realidad?, ¿cuál es el lugar del hombre en el Universo? y muchas otras más que ustedes ya están pensando por causa de lo que estoy diciendo. Quiero insistir en que hago estas preguntas para ayudar a revisar la conciencia, que según el diccionario es la suma de representaciones actuales o pasadas que permiten al hombre obtener una imagen de su personalidad física y moral, o bien, la propiedad del espíritu humano de reconocerse en sus atributos esenciales y en todas las modificaciones que en sí mismo experimenta. La importancia y la dificultad de las respuestas es obvia pero el motivo de intentar responderlas es sólo ayudar a la revisión de la conciencia. Por mi parte daré fin a mi plática preguntando a mi auditorio: en su opinión, ¿qué tan conciente es la vida actual?