

RECENSIONES

Maddox, John: *Lo que queda por descubrir (What Remains To Be Discovered)*, Editorial Debate, S.A. 1999, 375 pgs. Madrid-España.

Maddox, físico de profesión y director de la prestigiosa revista científica *Nature* durante más de dos décadas, describe cuáles son las áreas de la ciencia que están preparadas para los nuevos descubrimientos, haciendo la salvedad de que los nuevos conocimientos se generan de lo ya conocido o, quizás, del azar y la contingencia.

En este viaje se plasman tres capítulos claramente diferenciados: *Materia, Vida y Nuestro Mundo*. Explicadas a su vez en diez secciones; éstas son:

(1) *principios sin fin* ... desde hace 40 años se sostiene creíble la Teoría del Big Bang, (G. Gamov-1949) el universo en estos términos sólo tiene un rango de edad de 10 mil a 20 mil millones de años. Partiendo de un momento determinado se generó tal caudal de energía en un espacio tan infinitamente pequeño que desarrolló una explosión inicial. Lo que en la actualidad aún observamos en el universo es consecuencia de esa expansión incommensurable y misteriosa de materia y energía. Desde 1929 Edwin T. Hubble venía concluyendo que casi todas las galaxias visibles se estaban alejando –a mayor distancia, mayor velocidad– y como la velocidad de la luz es finita sólo podemos mirar hacia atrás en el tiempo, lo que se observa de las galaxias distantes es una etapa muy anterior a su historia. El hecho de que el método Hubble se haya estado utilizando a niveles de medición en los campos de radiación versus los niveles de desplazamiento del rojo en el espectro con bastante efectividad, actualmente no lo exime de una fuerte incertidumbre de parte de la comunidad de investigadores y críticos debido a los problemas de dispersiones de las distancias intergalácticas y de la propia constatación de la edad del Universo. Frente al Big Bang ha surgido en la comunidad de científicos la cosmología del estado estacionario con poco éxito. (Teoría de la creación continua de Bondi, Gold y Hoyle). Por otra parte Alan Guth (1980) la ha complementado con su *teoría del universo inflacionario*: después del momento inicial el universo se ha ido expandiendo espontáneamente, esto, si se quiere, ha pulido el universo, para decirlo de una forma, haciéndolo más uniforme en cuanto a la generación de temperatura y con una densidad media más aproximada a su densidad crítica. Esta innovación introduce un nuevo elemento a considerar, como es la existencia de otros muchos universos en paralelo, universos fractales, sin principio ni fin.

A partir de 1963 se conoce la existencia de los quásar –objetos casi estelares– que pueden confundirse con estrellas, cuyo espectro de luz enrojada emite radiaciones altamente potentes, haciendo pensar

que se encuentran muy lejanas. La explicación a estos objetos viene dada por que se sospecha que en el núcleo del quásar se encuentran los denominados huecos negros: sectores del espacio en los cuales la densidad de la materia colapsa la propia área, definiendo una región donde no se puede escapar la radiación y que ejerce un efecto gravitatorio sobre todo lo que lo rodea.

Para los científicos actuales son más comprensibles las hipótesis sobre formación de galaxias que la de las estrellas o del sistema solar. En todo caso lo importante en cuanto a retos a futuro será cohesionar la teoría general de la relatividad con la mecánica cuántica.

(2) *la sencillez oculta en la complejidad* ... toda la materia está formada por *hadrones*, que constituyen la materia nuclear, y leptones que representan la materia electrónica, las partículas pueden ser proyecciones en nuestro mundo tridimensional de estructuras más complejas. Inicialmente observamos el átomo, se descompone en núcleo, protones, neutrones y electrón. Luego desde aquí hasta el descubrimiento de los *quarks* primero y luego de los *gluones* como partículas fundamentales, elementales del “*modelo canónico*”, el cual está en la búsqueda de la unificación de las 4 fuerzas principales, la gravedad, la fuerza fuerte, la fuerza débil y el electromagnetismo. Para ello se construyen costosos y poderosos microscopios, llamados aceleradores, los cuales hurgan en los pequeños espacios las altas energías a fin de verificar y reproducir los momentos iniciales de la creación. Hasta ahora la observación sólo ha podido llegar al átomo - 10 elevado a menos 8 cm., y a los quarks - 10 elevado a menos 17 cm. Para la física de las altas energías la investigación presenta una enorme fosa entre los quarks y el espacio en torno al 10 elevado a menos 34, lo que se conoce como la constante de Planck, y esto implica trabajar a futuro con enormes recursos financieros y aceleradores más potentes.

(3) *todo a la vez* ... *Einstein* inició una búsqueda con la teoría del campo unificado y en los últimos años un sector importante de científicos habla del modelo estándar, otro sector de teoría del todo; sin embargo a futuro la atención se dirigirá hacia lo que entendemos por las bases conceptuales de la naturaleza del espacio, el tiempo y la materia. Unificar la gravitación y la mecánica cuántica, la tendencia quizá es profundizar la teoría de las partículas como cuerdas. El gran acelerador de partículas de Ginebra -CERN- y la construcción de otros telescopios más potentes que el Hubble, nos conducirán por caminos insospechados. El reto será ampliado a estudiar los espacios vacíos, los huecos negros, la constitución de estrellas de neutrones, y en general la disciplina tendría que explicarse más claramente al resto de la comunidad científica.

(4) la probabilidad de la vida ...¿Cómo empezó a existir la vida en nuestro mundo? Aún no lo sabemos, sin embargo se están buscan-

do pistas en otros planetas. La Tierra tiene unos 4.500 millones de años de edad, la vida comenzó entonces en un período menor, la data fósil en forma de bacteria más antigua hallada en rocas sedimentarias tiene un rango de 3.800 millones de años. ¿Y que pasaría para nuestros paradigmas futuros si la vida en el planeta fuese fertilizada desde otra parte –*panespermia*–? Lo que viene es esperar que los experimentos de laboratorio confirmen la hipótesis de que la vida apareció espontáneamente sobre la Tierra. Habrá que mostrar que un conjunto concreto de moléculas se replicara autónomamente en circunstancias similares a las de la superficie de la tierra primitiva. La sugerencia de estudios complejos en el campo de la biología molecular (S. Kauffman) y la química combinatoria, que generó un gran número de sustancias de las del tipo que pudieron participar en la formación de las primeras formas de vida, permitirá observar cuáles de los elementos actúan como catalizadoras o cuáles como enzimas capaces de inducir cambios bioquímicos en otros componentes de la mezcla. En una sopa artificial de este tipo, incluso los catalizadores poco eficaces gozarían de una ventaja selectiva sobre otras moléculas e irían evolucionando hacia formas más eficientes.

(5) *cooperación y autonomía* ...la estructura del *ADN* celular permite explicar las propiedades de sus moléculas y su capacidad de dirigir su propia replicación. El camino de la investigación hallará su máxima dificultad en la excesiva complejidad de las células. Sin embargo deberá descomponer de la mejor manera posible las conexiones químicas, electroquímicas e incluso mecánicas entre los componentes. La vida celular sólo es posible gracias al flujo de energía procedente del sol, todos los seres vivos son aberraciones, se mantienen en su condición excepcional sólo porque son intermediarios en la transformación de flujos de energía de un forma en otra. Las células vegetales absorben luz solar, produciendo a cambio calor de baja intensidad y gases atmosféricos. Las células animales absorben alimentos derivados directa o indirectamente de las plantas y excretan sustancias químicas de menor complejidad. Los próximos pasos es conocer las relaciones entre la emisión de energía solar y la complejidad de la biosfera terrestre, así como la interdependencia de las especies celulares.

(6) *El genoma y sus defectos* ...somos producto de nuestros genes, éstos se replican cada vez que nuestra células se dividen y multiplican, y se separan y recombinan cada vez que engendramos descendencia. La estructura del *ADN* y del *ARN* no sólo explican el mecanismo de la herencia y el origen de la variación darwiniana, los genes de los seres vivos se encargan de que los organismos sobrevivan minuto a minuto, y de que se perpetúen de generación en generación. Muchas de las preguntas de los próximos años se podrán responder

en el lenguaje de la genética. Los genetistas se verán obligados a elaborar modelos de información del genoma para poder darle sentido a la complejidad, darle por ejemplo respuestas a las enfermedades causadas por genes defectuosos, será mucho más difícil entender cómo una secuencia de ADN determina el carácter del organismo al que pertenece. Ya parece probable que las proteínas codificadas por la mayoría de los genes tengan más de una función. Probablemente el mayor logro entonces se obtendrá de la comparación de los genomas de organismos más o menos emparentados, que permitirá reconstruir la historia de la evolución.

(7) *el árbol genealógico de la naturaleza* ...Darwin demostró que todas las formas de vida que ahora existen en la superficie de la tierra son productos de los mismos procesos: la variación al azar y la selección natural, sin embargo el origen de las especies sigue sin resolverse. Hoy se conoce, siglo y medio después de Darwin, que la identidad de un individuo y el carácter de la especie a la que pertenece están determinados en gran medida por el genoma del organismo. La cuestión de cómo evolucionó la vida se ha transformado en la cuestión histórica de cómo los genomas actuales adquirieron sus características distintivas. El reto para el próximo siglo será entonces el cotejar el registro fósil del *Homo sapiens* con una crónica genética de lo ocurrido en los últimos 4,5 millones de años. En este sentido el plan consiste en reunir material genético (ADN) de personas pertenecientes a diferentes grupos reconocibles de población, y aquí necesariamente habrá que salvaguardar el aspecto ético del proyecto, dado que el ADN de los pueblos aborígenes será casi con seguridad el que más información proporcione sobre las antiguas relaciones de los pueblos a ser estudiados.

(8) *máquinas de pensar* ...actualmente sólo poseemos un conocimiento absolutamente rudimentario del modo en que el cerebro humano engendra la mente: la capacidad de reflexionar sobre los hechos pasados, de pensar y de imaginar. Entre todas las características distintas del *homo sapiens* la facultad del lenguaje parece ser la de más reciente adquisición, ya que proporcionó una ventaja competitiva sobre contemporáneos más primitivos. Pronto la tendencia investigativa será ahondar en el campo de la conciencia y de las capacidades de las conexiones neuronales a fin de explicarnos cómo funcionan los circuitos de la conciencia. Saber en qué lugar del cerebro y en qué tipos de neuronas se llevan a cabo los tipos de procesos mentales. El progreso científico implica una profundización progresiva de las preguntas que formulamos acerca del mundo.

(9) *el juego de los números* ...es una ilusión que las matemáticas reflejen el mundo real, ellas son más bien un medio para sacar conclusiones de suposiciones previamente formuladas, incluyendo las reglas de inferencia y los axiomas. Se ha descubierto que la verdad no

es absoluta, sino relativa. Kurt Gödel demostró a principios del siglo XX que ningún sistema axiomático formal de las matemáticas puede ser a la vez consistente (significa que el sistema formal no debe dar resultados contradictorios) y completo (significa que el sistema formal para demostrar la veracidad o falsedad de las proposiciones matemáticas debe poder aplicarse a todas las proposiciones posibles). Esto obligó a aceptar que existen cuestiones que no se pueden resolver. Porque si se elaborara un sistema de argumentación lógica que efectivamente lo abarcara todo, se podría demostrar que algunas proposiciones son a la vez verdaderas y falsas. Los números van a ser muy importantes en el desarrollo de sistemas informáticos adaptados a las nuevas necesidades, que resuelvan el problema de cómo manejar los datos, por ejemplo en genética y biología celular, o como abordar el problema de la complejidad. Otro campo importante será el de la descripción del espacio-materia-tiempo en lenguaje matemático, esa estructura puede ser más complicada que lo que ahora suponemos. Lo único seguro es que el caos seguirá con nosotros y el juego de los números deberá enfrentarse a esa incertidumbre, por allí estarán los retos.

(10) *cómo evitar las calamidades* ...la ciencia lejos de estar apagada, tiene una infinidad de retos que resolver. La contaminación del ambiente y el deterioro de la biosfera están al frente a esas expectativas, la contaminación de dióxido de carbono puede alterar permanentemente el clima. El sida seguirá siendo una amenaza real, el impacto futuro de meteoritos contra la superficie de la Tierra siempre va a estar presente, el estudio del genoma humano puede demostrar que la vida es inherentemente inestable, y deberíamos poder manejar las diferentes epidemias, unas nuevas, otras que retornan más virulentas del pasado. Tendrá que definirse el uso de los antibióticos frente a la capacidad de resistencia que pueden desarrollar los gérmenes patógenos.

Por ejemplo, la proliferación de la nueva cepa *E. Coli* es consecuencia del uso indiscriminado de antibióticos en la cría de animales; con igual sentido queriendo acelerar el crecimiento del ganado la aparición de la *encefalopatía espongiiforme bovina*.

En ciencia e investigación apenas estamos comenzando.

Se trata en los próximos tiempos de profundizar con el tipo de preguntas que se plantean acerca de la naturaleza. Y el resolver éstas requiere de más esfuerzos colectivos a nivel mundial. Para evitar las calamidades más angustiosas es preciso que se continúe con las investigaciones e innovaciones científicas. Sin embargo una actitud ética está plasmada en el futuro de los eventos con alto grado de incertidumbre, y la resultante en la práctica es un doble discurso de lo que hacen los gobiernos y lo que dicen, en detrimento del bienes-

tar. Los retos vienen dados por aprender a superar estas dificultades apremiantes, a nivel tecnología-investigación–uso de ingentes recursos. Los peligros inminentes o los misterios más fascinantes nos esperan a la vuelta de la esquina.

En este sentido el libro de John Maddox es verdaderamente una apasionante lectura, recomendable a todo nivel.

DAVID MORALES  
Universidad Central de Venezuela