

TEMAS ESCOGIDOS SOBRE FÍSICA Y EL CONCEPTO DE REALIDAD

Joaquín González Álvarez

- 1. Presentación.**
- 2. Hipótesis y Realidad.**
- 3. Hawking, Penrose y la Realidad.**
- 4. La Realidad.**
- 5. Los Paradigmas de la Ciencia.**
- 6. Las Teorías de la Relatividad.**
- 7. Fundamento de la obtención de la Energía Atómica.**
- 8. Certidumbre e Incertidumbre.**
- 9. Bertrand Russell y la Realidad Objetiva.**
- 10. Evolución de las Teorías Científicas.**
- 11. El Eco del Big Bang.**
- 12. El Tiempo y la Luz.**
- 13. Matemática y Realidad.**
- 14. Poesía y Realidad.**
- 15. Polvo de Estrellas somos.**
- 16. Determinismo o no en ciencias y otros entornos.**
- 17. El Azar en la Ciencia.**
- 18. Realidad Fe y Razón.**
- 19. ¿Qué es la Complejidad?.**
- 20. La Teoría de las Cuerdas.**
- 21. Curvatura del Espacio-Tiempo y Unificación de los Campos.**
- 22. ¿Es real la Nada?.**
- 23. El Infinito.**
- 24. Realismo, Nominalismo y Conceptualismo.**
- 25. Emergentismo y Reduccionismo.**
- 26. Acerca de la Fenomenología de Husserl.**
- 27. La Tesis Lógica de Karl Popper.**
- 28. Armonía en la Música y en la Ciencia.**
- 29. ¿Es la Historia una Ciencia?.**
- 30. El papel del Observador y la Realidad.**

Presentacion

El concepto de realidad constituye uno de los temas mas tratados en diversos entornos científicos, filosóficos y teológicos, por lo cual resulta siempre de interés para un amplio sector del público llano.

En este opúsculo mostramos una compilación de artículos del autor sobre diversos temas de ciencia, filosofía y literatura relacionados con el concepto de realidad en forma accesible tanto al entendimiento común como al especializado, en forma que hemos pretendido sea a la vez un aporte al enriquecimiento de la mente y del espíritu. Se han escogido temas que sean de actualidad y de referencia común en los medios de divulgación, a la vez que se reflexiona sobre asuntos de permanente interés a lo largo de la historia de la humanidad. Gran parte de los artículos han sido publicados en distintos medios de varias partes del mundo, Los aquí mostrados constituyen una selección de entre los mas comentados.

Para el lector interesado en ampliar sus conocimientos, hemos añadido una bibliografía en los artículos que lo requieran.

HIPÓTESIS Y REALIDAD

Con el establecimiento en el siglo diecisiete de la Mecánica de Newton, que englobaba en un todo armónico una teoría que pretendía abarcar la explicación de la realidad, se suponía haber llegado a comprender la naturaleza y sus leyes.

Inspirado en este triunfo de la ciencia, El poeta inglés de la época, Alexander Pope expresó:

“La naturaleza y sus leyes yacían en las tinieblas.

Dios dijo: ¡Hágase Newton!, y la luz se hizo”.

Algunas leyes ya las habían de cierto modo encontrado algunos antecesores del sabio inglés tales como Kepler y Galileo a los cuales hizo justo

reconocimiento al decir: “Si vi mas lejos que los demás fue porque pude subir sobre hombros de gigantes”.

A los hallazgos de Kepler y Galileo, les comunicó Isaac Newton mayor rigor y basado en el mismo logró lo que se conoce en la historia como la primera gran síntesis de las leyes de la física. En las tres leyes de la dinámica y en la famosa ley de la Gravitación Universal se basa toda la Física Clásica, la cual constituyó el fundamento de prácticamente toda la física hasta los comienzos del siglo xx y aun lo es hoy de la mecánica de los objetos del macromundo no animados de velocidades cercanas a la de la luz.

El método de razonamiento intrínseco en la Mecánica de Newton fue tomado por la ciencia en general y por la filosofía constituyendo el llamado Paradigma Newtoniano. El que ese paradigma fuera sustituido a principios del siglo pasado por lo que pudiéramos llamar Paradigma Cuántico-Relativista para el micromundo y altas velocidades, en nada rebaja la gloria de Isaac Newton y cuya teoría como ya dije, es la que se utiliza para lo de gran tamaño y no muy veloz, vale decir para lo cotidiano.

Cuando una teoría como la de Newton no puede explicar algunos fenómenos, es cuando la comunidad científica se da cuenta de que las teorías, como ya he explicado en otras ocasiones, no reflejan completamente la realidad y que solo constituyen una hipótesis de trabajo, un modelo para el estudio de la realidad como la maqueta que construye un urbanista para planificar una ciudad. Algunas veces esa hipótesis, esa maqueta es de imponderable genialidad como es el caso de la Mecánica de Newton.

En Filosofía de la Ciencia, a ese método estudiar la realidad mediante hipótesis o de maquetas como me he permitido llamarlas, se le llama instrumentalismo, constituye dentro del positivismo, una variante del pragmatismo de Dewey y el convencionalismo de Henri Poincare.

Cuando en la Edad Media, Nicolás Copérnico enfrentó a la Iglesia aduciendo que la Tierra giraba alrededor del Sol, esa institución al principio no condenó al sabio polaco porque consideraba que la teoría de éste no era una descripción de la realidad sino sólo una hipótesis que facilitaba los cálculos. Aunque no existía el concepto, la Iglesia consideró a Copérnico como instrumentalista. Cuando éste insistió en que la Tierra se movía fue refutado y perseguidos sus seguidores. Así sufrieron

persecución Galileo, Giordano Bruno y otros que no admitieron ser instrumentalistas y se empeñaron en afirmar que describían la realidad tal como era. Galileo fue obligado a retractarse pero lo cierto es que la tesis copernicana es sólo una hipótesis instrumentalista pues moverse o no moverse depende del punto de referencia. Sin embargo los que murieron en la hoguera dieron una lección de entereza al defender aquello en lo que se cree que es la verdad.

HAWKING, PENROSE Y LA REALIDAD

En sus escritos el célebre fisicomatemático inglés, Stephen Hawking, emplea frecuentemente la expresión: “conocer la mente de Dios” en un sentido definitorio de su posición filosófica ante el quehacer científico. Sobre todo la parte final de la frase, “mente de Dios” aparece en casi todo lo que se escribe o se dice sobre Hawking, y hasta en los textos en español, vemos esas palabras tal como las expresa en su idioma el científico: “mind of God”.

Hawking utiliza la expresión en el contexto de su criterio tantas veces sostenido de que con las teorías científicas sólo tenemos un instrumento, una hipótesis de trabajo para la continuación de las investigaciones, pero no el conocimiento de la llamada realidad., la cual sólo podríamos lograr si pudiéramos “conocer la mente de Dios”

Esa tesis de Hawking la toma del positivismo al que en una forma u otra de sus variantes, adhire el ocupante de la cátedra que en sus inicios fue de Isaac Newton.

Basándose en la tesis positivista de la falsación de Karl Popper en algunos tratados sobre metodología de la investigación científica, se suele presentar como ilustración del surgimiento y final de su vigencia, de una teoría, una historieta en la cual se narran las peripecias de un investigador eventual e ingenuo. El protagonista por alguna circunstancia que no interesa, se encuentra en un descampado y necesita encender una fogata. En su valija lleva una caja de fósforos, varias piezas de hierro, unas de forma irregular,

y otras en forma de barras cilíndricas, así como piezas de madera también irregulares unas y en forma cilíndrica otras. Sin seguir método alguno, trata de prender fuego con varias piezas irregulares de hierro y al no poder, prueba con varias piezas cilíndricas de madera y en su ingenuidad infiere que lo que arde debe tener forma cilíndrica. Su teoría “cilíndrica” mantiene vigencia mientras sigue utilizando cilindros de madera. Cuando ensaya con un cilindro de hierro su hipótesis se viene abajo. Aparece entonces en escena un profesor, y el protagonista tiene oportunidad de consultar la mente de la sabiduría humana que no la mente del Creador y así salir de su error.

Los científicos verdaderos, para saber la realidad de su objeto de investigación y en general de la realidad en si, sólo podrían lograr su objetivo si fuera factible “conocer la mente de Dios” en el decir de Hawking.

Como esto no es posible, llega Hawking a expresar, ateniéndose al mas radical positivismo, al referirse a la realidad: “yo no se lo que es eso”.

A los que, como su colega Roger Penrose, no sustentan ese criterio, Hawking los llama platonistas.

Habrá que ver lo que piensa Penrose, de la realidad, de Platón y de la “mente de Dios”.

LA REALIDAD

En un interesante libro cuyo título, traducido al español sería “La naturaleza del Espacio y el Tiempo”, recientemente publicado en Estados Unidos, se reproduce una amistosa polémica, sostenida al mas alto nivel científico, entre Stephen Hawking y Roger Penrose sobre la evolución del universo a partir de su hasta ahora aceptado inicio en el Bigbang,.

En un momento dado, Hawking, refiriéndose a algo expresado por Penrose, dice: “Él piensa que eso no corresponde a la realidad. Pero eso no tiene significado para mí. Yo no demando que la teoría corresponda a la realidad porque yo no se que cosa es eso. La realidad no es una cualidad que se

pueda comprobar. Todo a lo que a mi me concierne es que la teoría pueda predecir los resultados de las medidas”.

Con esto, Hawking deja constancia una vez más de su punto de vista sobre el concepto de realidad y a lo cual ya me he referido varias veces en mis comentarios.

Sin pretender realizar un análisis con las pautas que seguiría un filósofo, sino tratando que sea a la manera que lo hacen los profesores de física, debemos recordar que el citado científico inglés y los que en forma parecida piensan como él, estiman que las teorías no tienen que reflejar la realidad pues sólo pueden pretender ser hipótesis de trabajo que sean útiles y eficaces para continuar las investigaciones.

Siguiendo con este criterio, una teoría es tomada en cuenta y provisionalmente aceptada por la comunidad científica, mientras no presente contradicciones lógicas internas y no se presenten hechos que no pueda explicar.

Cuando se den esas situaciones de contradicción o incompetencia, la teoría tendrá que ser revisada para su reforma o definitivo rechazo.

La historia nos presenta múltiples ejemplos de lo expuesto. A partir de su Teoría General de la Relatividad, Einstein llegó a la conclusión de que el universo era estático, sin embargo un tiempo más tarde el astrónomo norteamericano Hubble observó que se encontraba en expansión. ¿Cuál era la realidad?, ¿la que propuso Einstein o la que observó Hubble?. Podría decirse que la de Hubble por aquello de que observó, pero es el caso que hoy se discute, ante nuevos hallazgos, si el universo continuará su expansión o si por el contrario quizás avance hacia una gran contracción a la que ya sin saber si sí o si no, ya se le ha puesto el nombre de Big Crunch. De las dos suposiciones se tomará la que mejor cumpla las condiciones antes citadas, para seguir adelante en las indagaciones.

En tiempos más lejanos Newton hablaba de la fuerza gravitatoria como una acción a distancia y por unos doscientos años tal cosa fue tomada como la realidad. Pero vino Einstein y dijo que la acción de la gravedad se debía a que el espacio o mejor el espacio-tiempo era como una lámina de goma estirada que los cuerpos deformaban y así forzaban a otros cuerpos a acercarse. Así se tuvo otra visión de la realidad.

Pero por fin ¿cuál es la realidad?. ¿La de Newton, la de Einstein, la de Hubble? ¿Si Big Crunch o no Big Crunch?. No lo sabemos y tal como

piensa Hawking, no necesitamos (aunque intimamente lo anhelamos) saberlo para que los científicos sigan perfeccionando sus teorías con el fin de que cada vez sean mas aceptables y útiles a investigaciones que coadyuven al mejoramiento humano tanto material como espiritual.

LOS PARADIGMAS DE LA CIENCIA

La palabra paradigma existe en el idioma español y aunque utilizado frecuentemente en el llamado lenguaje culto, no ocurre así en el lenguaje coloquial corriente. Aparece, claro, está en los diccionarios de la lengua castellana, con el significado que comunmente se le utiliza.

Sin embargo en los tratados de ciencia y sobre todo en los de ciencia y filosofía de la ciencia, se entiende por paradigma algo distinto y muy específico y es a este significado al que nos referiremos en el presente comentario.

El término paradigma con el significado que nos ocupa lo introdujo el historiador de la ciencia norteamericano Thomas Kuhn en su libro “La estructura de las revoluciones científicas” a mediados del pasado siglo XX. En efecto, paradigma según Kuhn, es el conjunto de conceptos, creencias, tesis, que en una etapa dada de la historia acepta la comunidad científica y basado en él desarrolla toda su actividad investigativa y que marcan una ruptura con lo hasta ese momento aceptado. Esta ruptura con lo anterior, con el paradigma anterior, es uno de los elementos que define una revolución científica. Así, tenemos que en el siglo XVII primaba el paradigma de la Mecánica Clásica Newtoniano. el cual se basaba en un concepto fundamental: la Atracción Gravitatoria. Imperó incólume durante dos siglos, no significando esto que reflejaba la realidad, ya que como hemos expuesto en varias ocasiones, las teorías sólo son hipótesis que mientras no presenten contradicción interna o no puedan explicar un hecho, es aceptada como instrumento para las investigaciones tal como lo propone el positivismo y sus variantes. El paradigma newtoniano caracterizado por el determinismo, cedió el paso a principios del siglo XX al paradigma

cuántico y su indeterminismo en la predicción de los fenómenos microscópicos como lo son los atómicos.

No obstante el aporte de Thomas Kunh y su concepto de paradigma, a juicio de la comunidad científica o una gran parte de ésta con la cual coincidimos, el científico norteamericano exagera al proclamar que con la aparición de un nuevo paradigma, el anterior queda desechado por completo. Esto no es así. Si en las ecuaciones de la Mecánica Cuántica los valores que toman algunas variables resultan significativamente grandes como para que la constante de Planck resulte despreciable, muchas de esas ecuaciones tomarán formas aplicables a problemas que pueden ser resueltos con los procedimientos del paradigma newtoniano. Se tiene así que el antiguo paradigma pasa a ser un caso particular del nuevo.

De esta manera para los problemas que no son del mundo microscópico, o sea para la práctica habitual, cotidiana, la física de Newton es la que se utiliza; sería absurdo que un ingeniero para diseñar una maquinaria corriente tuviera que apelar a las intrincadas fórmulas de la Mecánica Cuántica por el solo hecho de ser éste el nuevo paradigma.

El hecho de la no desestimación de lo fundamental establecido en un paradigma al aparecer uno nuevo en el cual se generalizan sus bases, lo vemos también en la historia de las matemáticas, ciencia peculiar que difiere por su idealización de conceptos, de las ciencias naturales. Así tenemos que al ampliarse el concepto de número con la aparición de los números negativos, las leyes formales de las operaciones permanecieron como estableció Hankel. La ley conmutativa de la suma por ejemplo, se mantuvo con los números negativos, las expresiones como $a-b = -b+a$, permanecieron válidas, lo cual se hace más evidente si la igualdad la escribimos $a+(-b) = (-b)+a$.

En nuestros días se acepta que ha aparecido un nuevo paradigma: el de la Teoría de la Complejidad con sus ramificaciones de la Teoría del Caos y de los Fractales y la Termodinámica del No Equilibrio.

Se tienen como nuevos paradigmas a la Mecánica Cuántica y la Teoría de la Complejidad como hemos dicho, sin embargo no se habla de Paradigma de la Relatividad lo cual tiene su justificación. Tanto la Mecánica Cuántica como la Teoría de la Complejidad, modificaron sustancialmente el concepto de certeza científica como sinónimo de ajuste a la realidad. El mismo concepto de realidad comenzó a someterse a un más profundo

escrutinio lingüístico y sobre todo filosófico. La indeterminación cuántica introducida por Heisenberg y la incertidumbre de la complejidad advertida por Lorenz y Prigogine. avivó la disquisición filosófica sobre lo que se entiende por realidad y sobre su existencia o no. La filosofía positivista y sus vertientes el instrumentalismo, el pragmatismo y el convencionalismo, sostienen o bien la no existencia de la realidad o la imposibilidad de su conocimiento, Los adherentes a esta forma de pensar, consideran que las teorías científicas sólo constituyen hipótesis de trabajo que se utilizan como herramientas para la investigación mientras no presenten contradicciones o se muestren inoperantes. Puede decirse que ambos paradigmas cambiaron el pensamiento científico haciéndolo mas cauteloso y tambien, ¿porqué no?, menos arrogante.

No ocurrió en esa forma con las Teorías de la Relatividad,. Einstein no introdujo un nuevo modo de razonar. Lo que hizo fue revelar nuevas propiedades del espacio y del tiempo hasta ese momento ocultas y mostrarlas mediante la misma manera de razonar, la misma matemática ya utilizada por la comunidad científica, No introdujo un nuevo Paradigma con el sentido que a este término le asigna Thomas Kuhn.

No todo advenimiento de nuevo paradigma puede calificarse de revolución científica. Revolución científica fue la que se produjo en la humanidad al advertir Nicolás Copérnico que la Tierra no era el centro de lo que entonces se consideraba era todo el Universo com afirmaba Ptolomeo. El sistema ptolomeico no quedó como caso particular del copernicano. No sólo se abolió un paradigma, el hombre tomó conciencia de que no era el centro, que su existencia perdía gran parte de la importancia que el antropocentrismo derivado del geocentrismo le concedía.

Podemos pues decir, que la ciencia de nuestros dias se dearrolla signada por los paradigmas que a la Historia entraron llevados por las manos de Copérnico, Newton, Heisenberg, Lorenz y Prigogine.

LAS TEORÍAS DE LA RELATIVIDAD

Las Teorías de la Relatividad y su autor Albert Einstein, son conocidos por lo menos por sus nombres, por gran parte del mundo civilizado. Tanto por especialistas como por el público llano. Se da el caso de que hasta los no entendidos, algo saben de lo que tratan, sobre todo de una de ellas: la Teoría Especial de la Relatividad (TER).

Trataremos de presentar los aspectos mas asequibles de la TER y de la Teoría General de la Relatividad (TGR).

La TER formulada por Einstein en 1905, se basa en dos postulados:

Primero. Las leyes de la física se cumplen en un sistema de igual forma ya sea que el sistema esté en reposo o que se encuentre moviéndose a velocidad constante.

Segundo. La velocidad de la luz es una constante que no depende del estado de movimiento de quien la mida.

El primero se refiere a que por los experimentos físicos que realicemos dentro de un vagón de ferrocarril herméticamente cerrado. No podremos saber si nos encontramos en reposo o moviéndonos a velocidad constante.

El segundo es mas difícil de asimilar. Sabido es que la velocidad de un vehículo con relación a un motociclista que lo persigue será igual a la diferencia de ambas velocidades.. Si el vehículo mantiene la velocidad y la moto la aumenta, la velocidad del vehículo respecto a la moto irá disminuyendo, y si la moto llega a aparearse al vehículo, la mencionada velocidad relativa será cero.. En el caso que lo perseguido sea una señal luminosa la velocidad relativa de la señal respecto al perseguidor, será siempre la misma, según afirma el segundo postulado.

Una consecuencia de los postulados de la TER es que si una varilla rígida tiene una longitud l en reposo, al moverse a una velocidad v en la dirección de la longitud de la varilla, ésta se contraerá adquiriendo una nueva longitud: $l' = l(1 - v^2/c^2)^{1/2}$ donde c es la velocidad de la luz. Un simple cálculo nos muestra por la fórmula anterior que ninguna velocidad puede igualar y mucho menos superar la de la luz, pues en el primer caso la longitud l' se haría cero y en el segundo se haría una cantidad imaginaria.

Otras consecuencias son que el tiempo en un sistema en movimiento se dilata y que en iguales circunstancias las masas se contraen.

Por un proceso algo mas complicado pero elemental, puede demostrarse la famosa fórmula $E=mc^2$, que muestra que si se pierde masa, se gana energía. Por pequeña que sea la pérdida de masa la ganancia en energía es enorme pues se multiplica por el cuadrado de c que es nada menos que 300000 Km/seg.. Este es el fundamento de la obtención de energía atómica.

La TGR resulta algo mas difícil de explicar, pero a grandes rasgos se refiere a que si estamos en un ascensor detenido herméticamente cerrado y nos pesamos en una báscula, al ver que ésta marca mas de pronto, no podremos saber si es que un cuerpo muy pesado debajo del ascensor nos está atrayendo gravitatoriamente, o si es que el ascensor comenzó a subir aceleradamente.

Las Teorías de la Relatividad, la Mecánica Cuántica y la Teoría de la Complejidad, constituyen paradigmas de la ciencia del sSiglo XXI.

Bibliografía.

Einstein, A.1984.The Meaning of Relativity. MJF Books.New York.

Landau, L. y E. Lifschitz. 1959.Teoría Clásica de los Campos. Reverté. Barcelona.

Fundamento de la obtención de energía atómica

La obtención de energía atómica o nuclear se basa fundamentalmente en la famosa fórmula de Einstein: $E=mc^2$.

En esa fórmula, E energía, m masa, $c= 300000000$ metros por segundo, velocidad de la luz en el vacío aproximadamente. El cuadrado de c, que es como aparece en la fórmula es 9 seguido de 16 ceros, ¡ una cifra enorme!. Por eso aunque la masa m sea muy pequeña, la energía atómica que se puede obtener de ella es sumamente grande.

El uranio (símbolo químico U), es uno de los cuerpos mas utilizados para obtener energía atómica o nuclear. Su masa o peso atómico (número de protones mas neutrones en el núcleo de su átomo) es 235. Si su núcleo es “tiroteado” con neutrones, se divide, se parte (se fisiona) en dos núcleos, uno de kryptón (Kr) y otro de bario (Ba). Esto lo podemos representar esquemáticamente así:



Ya vimos que el peso atómico del U es 235, pues bien, el del Kr es 93 y el del Ba es 140.

En la reacción de fisión del U se da el caso de que la suma de los pesos atómicos de Kr y Ba, (233), es menor que el peso o masa atómica del U (235).

En la fisión del U se ha perdido una masa $m = 2$ unidades de masa por cada núcleo fisionado de ese elemento. Esa masa perdida se convierte en energía (calor, velocidad de las partículas, etc), en virtud de la fórmula de Einstein antes vista.

La fórmula de Einstein nos muestra que por cada gramo de masa perdida se obtiene un energía enorme de 9 seguido de 13 ceros, joules.

Si la energía atómica o nuclear se controla debidamente, evitando que neutrones que se emiten en la fisión de un núcleo, fisionen otros en una reacción en cadena explosiva, en instalaciones llamadas reactores, puede utilizarse en plantas eléctricas nucleares que tiene la ventaja que no necesitan combustibles no renovables, que se están agotando como el petróleo y además el daño al medio ambiente es mínimo.

Sin embargo, también se utiliza la energía nuclear en la Bomba Atómica aprovechando el hecho de que cuando el uranio no alcanza una determinada masa crítica no hay reacción en cadena. El mecanismo de la bomba consiste esquemáticamente en preparar dos cantidades de uranio de masa igual a la mitad de la crítica., mantenerlas separadas mientras no se quiera una explosión y tener preparado un dispositivo que cuando se quiera la explosión, una las dos mitades y al tenerse ya la masa critica, comience la reacción en cadena y por ende ocurra la explosión.

Existen otras sustancias además del uranio que se utilizan para estos fines como es el plutonio.

Existe otra posibilidad de obtener energía nuclear. El procedimiento a emplear en este caso, se conoce como fusión que significa unión, lo contrario del procedimiento de fisión antes descrito..

La fusión nuclear se basa en el llamado efecto de empaquetamiento el cual se manifiesta por el hecho de que la suma de las masas medidas aisladamente de los protones y neutrones del núcleo atómico, resulta mayor que la masa total al empaquetarse, fusionarse, para formar el núcleo. De modo que en la fusión se pierde cierta cantidad m de masa. Esa masa m , como ya vimos por la fórmula de Einstein, se convierte en energía cuyo enorme valor resulta de la multiplicación por el enorme cuadrado de la velocidad c de la luz.

La formidable cantidad de energía que se produce en nuestro sol resulta de una perenne reacción de fusión nuclear como la descrita.

Llevado a la práctica, la “materia prima” la constituyen núcleos de hidrogeno (H) que al fusionarse uno de ellos con un neutrón, se obtiene un núcleo de deuterio (D) con la citada perdida de masa y consecuente obtención de fabulosa cantidad de energía.

Al igual que la fisión, la fusión nuclear debidamente controlada puede ser una muy eficiente forma de obtener energía que sólo necesita una de las sustancias mas abundantes en el mundo como componente del agua: el hidrógeno.. La forma de controlarla resulta mucho mas difícil y peligrosa que en el caso de la fisión. En un fabuloso enclave a unos 60 kilómetros de Marsella, Francia, el Internacional Termonuclear Experimental Reactor (ITER), científicos y técnicos de elevado nivel de preparación, llevarán adelante un ambicioso proyecto para lograr la fusión controlada, la cual significará la solución definitiva del problema energético mundial, pues sólo se necesitaría agua como suministradora del hidrógeno fusionable. Lamentablemente mas factible es producir con el procedimiento de fusión, un instrumento de exterminio mucho mas poderoso que la bomba atómica: la llamada Bomba de Hidrógeno.

Un organismo internacional tiene como encargo velar el que no se utilice la energía nuclear con fines bélicos. A pesar de las dificultades para conseguir controlar la proliferación, lo cierto es que la posesión de armas atómicas hasta ahora ha servido como disuasivo de emprender guerras en las que se

utilice ese tipo de armamento y posiblemente siga prestando esa función, siempre que, como todos esperamos de algún lado no emane la satánica idea de emplearlas para adelantarse a un presunto ataque que se sepa no atómico.

CERTIDUMBRE E INCERTIDUMB

El Premio Nobel belga Ilya Prigogine, publicó en 1996 un artículo titulado “El fin de las certidumbres” en el cual exponía sus consideraciones acerca de las nuevas formas de enfocar la ciencia que comenzaron a surgir a principios del pasado siglo xx con el establecimiento de los principios de la Mecánica Cuántica aplicables al micromundo, y que luego esas formas de enfoque se extendieron al macromundo al salir a la palestra la “Teoría del caos” y sus afines.

Antes de estos hitos en la historia de la ciencia, las leyes que se manejaban eran deterministas y toda alusión que en la explicación de la realidad, se hiciera a lo fortuito, a lo solamente probable, era rechazado como anticientífico o poco serio. El principio de incertidumbre y después lo concerniente al caos, los fractales etc., luego del escepticismo inicial motivaron el estudio serio de estas nuevas materias actualmente enriquecidas con los aportes de Prigogine principalmente en temas de la termodinámica de no equilibrio, Términos como azar, fluctuación, desorden, no equilibrio que se utilizaban para descalificar un hecho, hoy forman parte imprescindible del vocabulario científico.

El convencimiento de la existencia inevitable de fenómenos o etapas de éstos, que son impredecibles por su naturaleza y no por deficiencias técnicas en su estudio, es algo que ha aportado el estudio sistemático de la “Teoría del caos”. El llegar a esa conclusión resulta de innegable utilidad, pues en situaciones de eventos naturales como el paso de huracanes, permite obrar en consecuencia conociendo las características azarosas de éstos. Los nuevos conocimientos que Prigogine esboza en “El fin de las certidumbres”, muestra que no podemos evitar el caos por lo cual lo inteligente consiste en aprender a convivir con él.

Un sistema se considera que ha llegado a régimen de caos, cuando a partir de ciertos valores de los parámetros que lo rigen, las variables del sistema no presentan periodicidad alguna y muy pequeñas variaciones en las condiciones iniciales dan lugar a notables variaciones en los valores que toman las variables del sistema.

Algo más que muestran los estudios sobre el caos y temas afines, los cuales conforman una disciplina más general: la “Teoría de la complejidad”, es el hecho y esto es muy importante, de que elementos, cosas, objetos, que aisladamente no presentan ciertas propiedades, al conformar colectividades presentan esas propiedades. A estas propiedades se les asigna una denominación que constituye una categoría de la “Teoría de la complejidad”: Propiedades emergentes. Un ejemplo de surgimiento de propiedades emergentes se presenta en el fenómeno de la termorregulación de los tejidos vivos. La termorregulación no es detectable en una célula aislada, tal propiedad sólo surge al integrarse a una colectividad, a un tejido.

Otra temática que conforma la “Teoría de la Complejidad” la constituye la llamada “Termodinámica de no equilibrio” que se presenta en sistemas de comportamiento complejo como son los gases, los organismos vivos y otros. Cuando un sistema como los citados, alcanza espontáneamente el estado de máximo desorden como ocurre a un gas sobre el que no se ejerce acción alguna, se dice que su entropía ha llegado al máximo valor posible en el sistema, constituyendo este estado el equilibrio termodinámico. Un sistema en este estado no es capaz de realizar trabajo alguno, es un sistema en estado de muerte térmica. Es por eso que para que un sistema no esté en ese estado de “muerte”, se necesita llevarlo al no equilibrio para que sea capaz de producir trabajo. Por el contrario, cuando se quiere que

un elemento no deseado como el cáncer no se desarrolle, “muera”, resulta útil según el médico colombiano José Félix Patiño, propiciarle el equilibrio termodinámico.

Los principales trabajos de Ilya Prigogine, los que merecieron el Premio Nobel, fueron en “Termodinámica de no equilibrio”.

De propiedades emergentes, oí hablar con bastante acierto en una clase por televisión sobre Astronomía. En esta clase que mas bien fue de Astrofísica, se trató el hecho de que se han detectado una serie de fenómenos y propiedades antes no observados en cuerpos celestes aislados que al conformar colectividades como grandes galaxias o colectividades de galaxias, se ponen de manifiesto, surgen como propiedades emergentes. Entre esos hallazgos se cuentan la detección de huecos negros masivos los cuales se supone que haya uno en cada galaxia. Para la explicación de la existencia de los huecos negros masivos, de momento no existe una explicación definitiva. Lo que si es cierto es que tal como se manejan las teorías vigentes, la explicación no puede completarse. Aquí estamos ante algo sobre lo que he venido tratando en comentarios como el que titulé “Hipótesis y realidad”, y que reafirma que las teorías que maneja la comunidad científica sólo son hipótesis de trabajo que se utilizan para continuar las investigaciones y que se mantienen mientras no se llegue a algo que no pueden explicar como es el caso que ahora tratamos. Algunas veces basta con realizar algunas modificaciones en la teoría vigente.

De lo dicho hasta ahora podemos inferir que reconocer el fin de las certidumbres no constituye ni mucho menos, un fracaso de la ciencia, por el contrario es el hallazgo de un valioso conocimiento que permitirá avanzar con paso firme sabiendo a que atenerse, sin fanatismos ni autosuficiencias. Tener muy presente que las teorías científicas no son cosas terminadas, sino sistemas de conocimientos e investigaciones en constante desarrollo y evolución. Alguien que estudió a fondo el carácter provisional de las teorías, fue el matemático y filósofo francés Henri Poincaré, también precursor de la “Teoría del Caos”, y es por ello que algunas cátedras de la Complejidad en el mundo llevan su nombre. De igual forma se ha ocupado del tema, Ilya Prigogine, como ya dije en “El fin de las certidumbres”, por lo cual sería loable la idea de poner su nombre a algunas de las cátedras de la Complejidad que vayan surgiendo.

De todo lo visto en este trabajo, podemos sacar como conclusión, que la dedicación al estudio de la “Teoría de la Complejidad”, el cual necesariamente tiene que partir del conocimiento de sus conceptos fundamentales desde su significado en las ciencias naturales que les dieron origen, permitirá una base cognoscitiva para extender sus potencialidades a otras disciplinas tanto científicas como humanísticas. Para tal empeño, quienes tomen la iniciativa han de cuidar de no dejarse llevar por el significado que los términos claves tienen en el lenguaje común pues ello conduciría a errores insalvables.

BERTRAND RUSSELL Y LA REALIDAD OBJETIVA

El matemático y filósofo inglés Bertrand Russell nació en 1872 y en su larga vida alcanzó gran renombre en las disciplinas con las cuales lo he calificado aunque el mayor destaque dentro de la ciencia lo obtuvo por sus aportes a la lógica matemática.

La lógica matemática constituye una forma de tratar la lógica clásica mediante procedimientos semejantes a los de la matemática. Como la matemática, específicamente como el álgebra, utiliza símbolos y signos de operaciones que en este caso se denominan lógicas. Tales procedimientos permiten efectuar deducciones así como verificar la veracidad o falsedad de proposiciones y juicios.

La elaboración de los contenidos en la forma que propicia su utilidad actual, particularmente en las ciencias que derivan de la cibernética, se debe principalmente a la publicación por Bertrand Russell y Alfred Whitehead en 1910, del libro Principia Matemática.

La obra de Bertrand Russell y especialmente la desarrollada en la lógica matemática está relacionada con la teoría de los conjuntos creada a finales del XIX por el alemán Georg Cantor, teoría que para su exposición utiliza una simbología y una operatoria muy parecida a la de la lógica matemática. El concepto de conjunto en la teoría de Cantor es el mismo que se utiliza en el lenguaje común, conjunto de personas, conjunto de letras en los cuales por lo general no importa el orden de sus elementos.

Un concepto muy importante al cual nos vamos a referir de nuevo mas adelante es el de conjuntos relacionados. Se dice que dos conjuntos están relacionados cuando a cada uno de los elementos de uno de ellos se le puede hacer corresponder un elemento del otro sin que sobre ni falte ninguno por relacionar

La teoría de los conjuntos sirve de base a la teoría de los números, dada esta circunstancia y la de la similitud de estas teorías con la lógica matemática, Bertrand Russell dedicó gran parte de sus investigaciones al desarrollo de una teoría según la cual las matemáticas pueden fundamentarse exclusivamente en la lógica, teoría que se conoce como Logicismo. En sus intentos de desarrollar el Logicismo, surgieron paradojas que al no poder resolver satisfactoriamente, entorpecieron el fluir de razonamientos de Russell en su empeño logicista. Ante esas dificultades, Russell apeló a una cadena de suposiciones ad hoc o introducción de conceptos como el de clase parecido al de conjunto, y surgieron conceptos como el de proposiciones atómicas las cuales según Russell eran los componentes últimos de las proposiciones mas generales. Pero las paradojas seguían sin resolverse como la del cretense Epiménides al decir "Todos los cretenses mienten" con lo cual, al ser dicho por un cretense, la proposición quedaba desmentida. De esa manera se llegó al Teorema de Kurt Godel que afirma que no hay un sistema completo de axiomas en el sentido de que siempre queda algo que no puede explicarse dentro de ese tipo de sistema de afirmaciones. Sobre el logicismo trabajó independientemente de Russell, en esa época el lógico y matemático alemán Gottlob Frege.

Para sus objetivos, Frege introdujo una categoría llamada volumen del concepto. No trataré de definir esta categoría sino de dar una idea de lo que era para Frege. El concepto "lados del cuadrado" tiene el mismo "volumen" que el concepto "estaciones del año", "vértices del cuadrado", etc. Todos evidentemente, son conjuntos relacionados con un conjunto de letras como "a b c d" y claro está define el número 4.

Esto que parece una banalidad, tiene gran importancia en teoría de los números pues constituye la forma abstracta de definir lo que es un número natural. "Número natural es el ente común a conjuntos relacionados entre si". Esto es fácil de entender, por ejemplo: el número 12 es el ente común a

las horas de un reloj tradicional, a los apóstoles de Jesús, a los meses del año, a las uvas que algunos comen recibiendo el Año Nuevo, etc

En definitiva, el Logicismo no logró su objetivo de reducir las matemáticas a lo lógico pero en su intento se lograron aportes al adecuado uso de la lógica matemática a las matemáticas en general, que si bien no las sustituyen coadyuvan a su mejor entendimiento y manejo.

La lógica matemática de la cual Bertrand fue indiscutible artífice, es básicamente la lógica clásica concebida por Aristóteles con acertadas modificaciones cuya característica fundamental es el uso de una simbología, también utilizada en la teoría de los conjuntos, y el establecimiento de operaciones con esos símbolos, operaciones que se asemejan a las de la aritmética y el álgebra. La larga vida, fructífera hasta el final mismo, de Bertrand Russell le permitió aportar su talento a diferentes aunque relacionadas vertientes de la actividad humana, la gran parte de cuyos resultados han quedado plasmados en su voluminosa obra escrita. Paralelamente al matemático y lógico, la historia recordará al filósofo y al humanista. Como la mayor parte de quienes acceden a la filosofía a partir de las ciencias exactas, Russell siguió espontáneamente la línea de pensamiento del Positivismo moviéndose entre sus variantes empiristas y realistas principalmente, coincidiendo unas veces y discrepando otras con los criterios de John Stuart Mill, David Hume y John Locke entre otros. Alguien con quien estuvo siempre en desacuerdo fue con Ludwig Wittgenstein y su interpretación lingüística de la filosofía. El pensamiento filosófico ruseliano se centró preferentemente en la especulación acerca de la relación entre la realidad objetiva y la interpretación o hipótesis que sobre ésta hacemos. Este problema es el que de una forma o de otra está presente como tema fundamental de reflexión en los diferentes sistemas filosóficos que han pasado a la historia y siempre es tema de debate el de si es posible conocer en su esencia, en su absoluta objetividad, la “cosa en si” kantiana, el mundo exterior a cada ser, o si sólo es posible el conocimiento subjetivo a través de lo que aportan nuestros sentidos. El dilema parece no tener solución, conocer la “cosa en si” sin la mediación de los sentidos, se nos presenta como el tratar de ver el mundo que nos rodea o como dice Russell “lo que está allá afuera”, sin los ojos, oírlo sin los oídos. Sobre este tema se nos ocurre el siguiente símil. Imaginemos un individuo que de alguna

manera ha logrado vivir desde que tiene uso de razón en una habitación absolutamente cerrada y que sólo tiene conocimiento de lo que el supone hay “allá afuera” es por medio de lo que observa en la pantalla de un televisor que le presenta imágenes del supuesto mundo exterior. Al individuo le asalta la duda de que si será real lo que ve o sólo son imágenes de un video instalado en su equipo. A nuestro sujeto se le posibilita salir de la duda practicando una abertura en la pared de su habitación, pero nada similar podemos intentar los seres reales.

El interés científico- filosófico de Russell se desplazó también hacia la física particularmente en su divulgación rigurosa como se advierte en sus excelentes obras didácticas “El ABC de los Átomos” y el “ABC de la Relatividad”.

El nombre de Bertrand Russell apareció muy a menudo en los medios en los años 60 y 70. Obtuvo el Premio Nobel en 1950, se destacó como pacifista y tal como aparece en el Diccionario de Lógica de la autora rusa Alexandra Guétmanova, “impugnaba las teorías que predicaban la absorción del hombre por la sociedad y el Estado”.

EVOLUCIÓN DE LAS TEORÍAS CIENTÍFICAS

Como he expuesto en comentarios anteriores, las teorías, aun las más fundamentadas y aceptadas, sólo son tomadas por la comunidad científica como hipótesis de trabajo para continuar las investigaciones mientras no surja alguna contradicción en su lógica interna o algo que dicha teoría no pueda explicar. Ante situaciones como éstas se ensayan modificaciones, pero hay veces que las modificaciones las motivan aspectos de la teoría que desde su establecimiento fueron difíciles de asimilar. Tal cosa ocurre con la teoría del Big Bang como veremos a continuación:

Según dicha teoría, el Universo tuvo su origen en la explosión de un punto geométrico en la cual tuvieron también su comienzo el espacio y el tiempo. De modo que el Universo empezó siendo un punto geométrico, esto es un ente sin dimensiones. Además según esa teoría, antes de la explosión no existía el tiempo y el punto originario en cuestión estaba algo así como “sumergido en la nada”. Estos supuestos, no hay dudas, son difíciles de digerir.

Hace relativamente poco tiempo han surgido sugerencias de modificación de las suposiciones sobre las condiciones presentes en el instante de la explosión. Con

razonamientos que merecen ser tenidos en cuenta por basarse en una teoría tan fuerte como la Mecánica Cuántica, se maneja la tesis de que la explosión originaria del Universo no surgió en el vacío, en la nada, y es mas los autores afirman que el vacío no existe. Junto con estos supuestos, sus defensores entre los que se cuentan Prigogine y Tryon, proponen que en el momento de la explosión ya existía el tiempo.

Sobre la no existencia del vacío ya se conocía desde 1948, año en el que el físico Casimir demostró que aún en lo que se consideraba como vacío debía manifestarse el Principio de Incertidumbre de la Mecánica Cuántica o Principio de Heisenberg, según el cual la energía y el tiempo no pueden medirse a la vez con el mismo grado de incertidumbre, cumpliéndose que cuando con mas precisión se conocía el valor de la energía, con menos exactitud se precisaba el tiempo. Si existiera el vacío, en él la energía tendría un valor exactamente conocido de cero, por tanto por el Principio de Incertidumbre el tiempo tendría un valor que fluctuaría, lo que conduciría a dos conclusiones: si algo fluctúa, tiene que existir y por tanto en el vacío que se suponía estaba el punto originario del Big Bang, ya existía el tiempo, esto es, el Big Bang no marcó el instante cero como se ha venido afirmando.

Algo mas que se infiere de los razonamientos anteriores es que también por el principio de Heisenberg, si el tiempo fluctúa, también fluctúa la energía y por tanto en el supuesto vacío y en cumplimiento de la famosa fórmula $E=mc^2$, por las variaciones de la energía se crearía masa, materia, y el vacío no sería tal.

De modo que es muy probable que la comunidad científica haciéndose eco de estas nuevas consideraciones enfoque de un nuevo modo la Teoría del Big Bang con lo que se daría un paso mas en la búsqueda de la quizás ilusoria verdad.

EL ECO DEL BIG BANG

La teoría que explica el inicio del universo a partir de un colosal estallido conocido por Big Bang, es uno de los resultados científicos mas comentados por el público llano .Aún quienes no son especialistas ni estudiantes de ciencias, conocen en lo esencial lo que esa teoría expresa. No obstante, que el hecho del comienzo de todo lo que existe a partir de la explosión de un punto sin dimensiones, no de una partícula muy pequeña, sino de un punto como el ideal que define la matemática: un ente geométrico sin dimensiones, es algo no ya difícil, sino imposible de asimilar No obstante,. tomado este supuesto como hipótesis para continuar

investigaciones, los resultados de las mismas van siendo comprobadas en la práctica y así se continuará hasta que algo invalide la teoría en cuestión. Una de las más contundentes y espectaculares evidencias de que, tal como se deduce de la teoría, hará unos 15 mil millones de años., se produjo una enorme explosión en lo que ahora llamamos Cosmos., consiste en la detección de lo que acertadamente se ha llamado El Eco del Big Bang.

Veamos la explicación. Algún tiempo después del Big Bang, cuando todavía la temperatura del Universo era extremadamente alta, se produjeron los primeros fotones, corpúsculos que constituyen la luz y todo tipo de radiaciones. Esos fotones constituyeron una especie de gas que se difundió por todo el universo en constante expansión actual pero entonces muy comprimido. Como los gases conocidos, el gas de fotones al irse expandiendo, se fue enfriando y según cálculos basados en la Teoría del Big Bang, su temperatura debe ser ahora de unos -270 grados Celsius. La teoría predijo la existencia actual de esa radiación de fondo que persiste como un Eco del Big- Bang.

Pero hasta 1965 no se había percibido ese Eco. Fue en ese año que dos ingenieros de la Bell Telephone Laboratories de Estados Unidos, Arno Penzias y Robert Wilson, utilizando una antena direccional de radar, con fines ajenos a lo sucedido, captaron un ruido cuyo origen no podían explicar. Comprendieron que era una señal radioeléctrica la cual se recibía de igual forma en todas las direcciones que orientaran la antena. Quizás otros hubieran obviado el incidente, pero éste había ocurrido, afortunadamente, a dos talentosos científicos, que continuaron las investigaciones auspiciadas por la NASA, hasta llegar a la conclusión de que esa radiación que ahora llamamos relictas, que habían captado en su antena, era nada menos que El Eco del Big Bang lo cual tuvo más reciente confirmación con el proyecto espacial COBE. Penzias y Wilson recibieron el Premio Nobel en 1978 por ese aporte.

Algo no muy conocido es que quienes ahora me atienden y casi el resto de la humanidad, han captado sin proponérselo en múltiples ocasiones, El Eco del Big Bang, aunque acompañado de otras radiaciones. Con más frecuencia que la deseada, hemos sufrido los efectos en nuestra pantalla de TV. del fallo más o menos prolongado, del flujo eléctrico en la torre de transmisión. En esos momentos observamos que la pantalla se cubre de

multitud de puntos de luminosidad oscilante rodeados de una tenue neblina que permanecerán hasta que vuelva la señal a la antena de nuestro equipo..Ese patrón neblinoso es efecto conjunto del Eco del Big Bang.y otras radiaciones. La radiación de fondo emitida en la gran explosión primigenia, “entra” en nuestra antena, acompañada de otras radiaciones, aprovechando que la señal de TV les “dejó sitio”.

Pero no hay que esperar al fastidioso evento, del fallo en la torre, para momentáneamente convertirse en investigador científico, basta aguardar a que un canal recese sus transmisiones y “se vaya del aire” para observar aunque acompañado El Eco del Big Bang. Éste, con dispositivos muy sofisticados puede aislarse de las otras radiaciones que intervienen en el patrón observado, procedimiento que permite apreciar que en dicha imagen está presente el trascendental residuo de la Gran Explosión.

EL TIEMPO Y LA LUZ

La posibilidad de viajes en el tiempo aviva la imaginación e incentiva la creación literaria. En su ensayo “La flor de Coleridge “, el escritor argentino Jorge Luis Borges, reproduce este fragmento: “ Si un hombre atravesara el paraíso en un sueño, y le dieran una flor como prueba de que había estado allí, y si al despertar encontrara esa flor en su mano ... ¿ entonces qué ¿.

En el mismo ensayo y abundando en el tránsito a otro tiempo, Borges cita un pasaje de la novela inconclusa de Henry James, “The sense of the past” en la cual el protagonista encuentra un retrato de él pintado misteriosamente un siglo antes. Éste, intrigado, consigue trasladarse a la fecha del retrato y logra que el pintor haga su retrato aunque sospechando algo extraño en esas facciones futuras. En este caso se nos muestra además de viaje en el tiempo, una inversión de la secuencia causa efecto.

Otro ejemplo de acertada tergiversación literaria de tiempo y causalidad se nos presenta en la siguiente estrofa de Reginald Buller:

Hubo una vez una joven que Brillante se llamaba
Y mucho más veloz que la luz viajaba. / Un día partió
En los caminos de la relatividad se adentró
Y la noche anterior a su partida regresó

En los ejemplos anteriores se advierte la fantasía y en el último además lo humorístico, no obstante se pueden ensayar en obras de buena ciencia-ficción, transgresiones de la insuperabilidad de la velocidad de la luz para mostrar algunas

situaciones interesantes que se presentarían si pudieran lograrse velocidades superiores a la de la luz.

En una obra de ciencia ficción se podría presentar el caso de un buque que emite una señal luminosa roja cuando parte y otra verde cuando regresa, Alguien que parte de la tierra en una nave a velocidad mayor que la de la luz, percibirá primero por alcanzarla primero la señal verde que es la mas rezagada y después alcanzará la roja, por lo cual, como conoce el código, pensará que el buque regresó antes de partir.

En este contexto veamos otra situación curiosa. Dos personas situadas a cien metros una de otra están lanzándose una pelota. En un momento dado uno lanza al otro la pelota a una velocidad mayor que la de la luz. El otro la recibe y luego va viendo la pelota cuando estaba, digamos a setenta y cinco metros del lanzador, después cuando estaba a cincuenta metros del lanzador, después a veinticinco metros, a diez, a cinco, hasta que por último ve a su compañero lanzando la pelota. El efecto, . recepción de la pelota, se producirá, según el receptor, antes que la causa: el lanzamiento.

Si bien se analiza *sólo percibimos el pasado*. Cuando de noche miramos el cielo y localizamos la estrella Alfa del Centauro, la vemos no como es en ese momento sino como era cuatro años atrás, pues ese es el tiempo que demora la luz en cubrir la distancia de la estrella a la Tierra. Como la traslación de la luz no es instantánea, aún la proveniente de objetos cercanos demorará un tiempo que aunque sumamente corto, no nos permitirá nunca observar lo que nos circunda en el presente sino en el pasado. Un pasado nada remoto, pero pasado.

Para finalizar recordemos el título de una obra teatral de Enrique Jardiel Poncela en el cual el autor ironiza con estos rejugos con el tiempo. El título en cuestión es : “Te espero ayer tarde Margarita”.

MATEMÁTICA Y REALIDAD

La matemática es una ciencia, pero ciertamente no es clasificable como ciencia de la índole de la física, la química, ni como aquellas que comprenden a la economía, la sociología y otras análogas, aunque esté consustancialmente relacionada a éstas y sobre todo a las naturales las cuales no pueden desarrollarse sin el instrumento de la matemática. La matemática por razones que expondremos, no tiene como temas, ni objetos ni fenómenos que existan en lo que llamamos realidad, aunque los métodos y procedimientos matemáticos sean imprescindibles para el estudio de esos objetos y fenómenos.

Los objetos de estudio directo de la matemática no existen en la naturaleza, los crean los matemáticos, es por eso que no clasifica entre las ciencias naturales y entre otros factores, tal cosa influye en su no inclusión entre los Premios Nobel.

La matemática trata con objetos como puntos, rectas, triángulos, pero en la naturaleza no existen ni puntos, ni rectas ni triángulos de los que trata la matemática. Puntos, rectas, triángulos y otros muchos objetos que en la matemática se estudian, son entes ideales creados por la mente humana para que se ajusten al tratamiento teórico de los estudios que de lo entendido como realidad, hacen quienes profesan las ciencias naturales y aplicadas. Claro está que los entes matemáticos ideales citados, son idealizaciones, abstracciones, de objetos aproximadamente en forma de triángulos y de las otras figuras, ya sea de objetos reales que tengan esas formas o de sus representaciones por medio de dibujos, maquetas, etc. El matemático necesita efectuar esas idealizaciones, como imaginar que las rectas no tienen ancho o que los puntos no tienen dimensiones, para poder establecer mediante ecuaciones, fórmulas, etc., los procedimientos de cálculo y deducción que los físicos, químicos, ingenieros, economistas y otros especialistas emplean en la práctica.

No se otorga Premio Nobel en matemática, sin embargo muchos matemáticos han ganado el Nobel por sus aportes en su especialidad a otras disciplinas para las que si existe ese premio como es el caso del de Economía. Hace poco tiempo, tuvimos la oportunidad de ver el filme “Una Mente Maravillosa” sobre el matemático norteamericano John Forbes Nash que ganó el Premio Nobel de Economía hace unos años. John Forbes Nash, considerado un genio por la comunidad científica mundial, ideó una muy útil aplicación de la teoría matemática de los juegos

a problemas de la economía. La teoría original de los juegos se debe al matemático norteamericano de origen húngaro John von Neumann.

Los organismos encargados de otorgar el Premio Nobel, sólo lo hacen por resultados científicos plenamente comprobados, un resultado en matemática pura no se presta a una comprobación en la práctica como la que puede realizarse en las ciencias naturales o de semejante índole. Pienso que la excepción pudo haber sido para el aporte del lógico y matemático norteamericano de origen austríaco Karl Godel, quien a mediados del pasado siglo XX, conmovió al mundo de matemáticos y lógicos al demostrar el teorema que lleva su nombre. Según el teorema en cuestión, en un sistema de axiomas matemáticos no se pueden demostrar ni refutar *todos* los resultados que de ellos se deriven, a partir solamente de los axiomas del sistema. Habrá que acudir a otro sistema de axiomas, esto es a un metasistema. Tal conclusión tiene también aplicación en la lógica, y un ejemplo muy conocido es el que se presenta en la llamada Paradoja del Mentiroso del cretense Epiménides, cuando dijo “Todos los cretenses siempre mienten”. Si bien se analiza esa proposición es inverificable pues por el sistema de reglas de la lógica, se cae en un círculo vicioso. Evidentemente el aporte de Godel, junto con el Principio de Indeterminación de Heisenberg y la Teoría del Caos, marcaron en la ciencia lo que el Nobel belga Ilya Prigogine llamó el Fin de las Certidumbres. El Teorema de Godel, como de matemática al fin, sólo requiere demostración lógica y la ha tenido, por lo cual dada su trascendencia, en mi opinión calificaría para el Nobel. El Teorema en cuestión refutó la tesis de exaltación racional de la matemática sustentada por David Hilbert, lo cual no opaca para nada el prestigio e importancia de este eminente lógico y matemático alemán.

De todo lo expuesto podemos concluir que la matemática es una ciencia de características muy propias, sin la cual otras ciencias no habrían alcanzado el estatus que ostentan.

POESÍA Y REALIDAD

El arte y la literatura pueden reflejar lo científico de múltiples formas. Pero el modo de manifestarse ese reflejo manteniendo más puras las características artísticas y literarias es aquel mediante el cual se plasma lo que pudiéramos llamar la componente estética a veces lírica, que todo objeto o hecho científico posee.

Para un análisis de cómo el arte y la literatura aprehenden la carga estética que emana de lo científico, es necesario tener en cuenta como intervienen en este proceso la interpretación de lo poético y lo real, así como la explicación científica, casi siempre física, de las múltiples formas en que el mundo exterior interactúa con el hombre.

Cuando el hombre primitivo se deleitaba en la contemplación del azul del cielo en pleno día y del rojo de los atardeceres, tenía ante sus ojos lo poético, y el poema podría producirse o no, pero ahí estaba la poesía. Aquel acto del hombre primitivo era un mirar ingenuo, directo. Para él lo poético era lo real.

Pero el hombre primitivo comenzó a convertirse en el hombre que no sólo contempla, sino que reflexiona y elabora conceptos sobre la razón de lo que ante su vista se muestra. Este hombre que razona y experimenta, dirige al cielo una mirada ya no ingenua y directa.

Ahora no tiene al cielo como techo y no lo asiste sólo su inocencia. La ciencia y en particular la física, le permiten dirigir una mirada que pudiéramos llamar desde afuera. Y es entonces que la realidad se le manifiesta en toda su magnitud. Lo que creía una enorme cúpula azul es tan sólo una envoltura gaseosa, incolora, decepcionantemente deslucida, en la cual flotan microscópicas partículas de polvo con su nada poético aspecto. Comprende así que el azul que percibía desde su primitiva visión no se debía al color de aquella inmensa urna que imaginaba era el cielo. Sus indagaciones lo llevarán a concluir que el azul que percibe no lo es de la capa gaseosa, sino de uno de los componentes de la luz blanca del sol la cual es una mezcla de varios colores, uno de ellos, el azul es el único que reflejan las partículas de polvo cuando el sol brilla en lo alto y por tanto el único que vemos procedente de lo que llamamos cielo. Al ponerse el sol, queda tan lejos de nosotros allá en el horizonte, que son tantas las partículas de polvo en las cuales se refleja su luz en su largo recorrido que va perdiendo los distintos colores que la componen, amarillo, verde, etc.

que al final, al caer la tarde sólo queda el rojo. Por eso el rojo de los atardeceres.

Algo así como melancolía por el mito perdido ante lo que la ciencia muestra, debe haber movido al poeta al decir.

“Este cielo tan azul
ni es cielo ni es azul”.

De la ciencia en la poesía seguimos tratando en el siguiente epígrafe.

A finales del pasado siglo xx, al poeta catalán Iván Tubau se le otorgó premio por un poema que en castellano tendría por título El Holograma y en lengua del autor L'Holograma.

Para quienes en los últimos años se han interesado por la ciencia, el título los acerca a una interesante técnica de reproducción de imágenes mediante la cual se obtiene de un objeto, un negativo que al ser logrado con luz láser constituirá lo que se llama un holograma, el cual tiene la propiedad de que al ser iluminado con luz también láser, permite ver una imagen tridimensional del objeto. Otra propiedad del holograma la cual es la que mas nos interesa, consiste en que un fragmento del negativo por pequeño que sea, al ser iluminado con láser dará la imagen del objeto en su totalidad como la hubiera dado el negativo completo..

Quienes sólo conozcan el título, podrán pensar que el poema es un canto a la belleza de un holograma, pero no es así. En el poema L'Holograma, se utiliza con singular maestría la interpretación filosófica y pudiéramos decir teológica de la peculiaridad física antes descrita que presenta un holograma.

Veamos como lo hace el poeta. Comienza con lo que en traducción libre diría así: :

“Mira tierna amiga/ ahora que hicimos el amor/ el negativo de la fotografía/de nuestro día de sol en la playa”.

Debemos fijarnos en que dice fotografía, o sea todavía no habla de un holograma. Ahora le propone un experimento:

“Parte por la mitad el negativo/ revela las partes/ en una estaré yo tan solo/en la otra no mas tu sola por siempre”.

A continuación dice que ha tomado también una holografía:

“Pero también tomé una holografía/ Parte el negativo en mil pedazos/
ilumina uno solo de ellos con láser/ en ese y en todos estaremos los dos y el
sol del mediodía”.

Y ahí está la sorprendente propiedad del holograma. Cada fragmento de la
placa reproduce la imagen en su total tridimensionalidad como lo hubiera
hecho el negativo completo. Cada fragmento contiene las posibilidades del
todo.

Eso de que en cada fragmento aislado esté en potencia el todo, sugiere al
poeta la elaboración de una alegoría incalculablemente rica en símbolos
que comienza a desarrollar en la siguiente estrofa:

“Cada minúsculo trozo del holograma/ contiene la imagen entera de la
escena/en la que tu y yo estamos siempre unidos/ en un pequeño instante
del amor de estío”.

Esos trozos aislados reflejando el todo adquieren un significado que el
poeta maneja explícitamente mediante alegoría teológica así:

“No es cierto que Dios nos haya hecho/ a imagen suya/ cada uno de
nuestros átomos/ es Dios en su totalidad, como en el holograma”.

El poema en catalán L’Holograma, cuya traducción libre y parcial hemos
intentado presentar, se incorpora con acierto a un movimiento existente
entre poetas y prosistas animados de la vocación de evidenciar la poesía
que subyace en la ciencia, entre los que se han destacado Borges, Alberti, y
sobre todo Ernesto Cardenal con sus magistrales “Cántico Cósmico” y
“Versos del Pluriverso”.

POLVO DE ESTRELLAS SOMOS

A mediados del pasado siglo XX, alcanzó singular popularidad una pieza musical
norteamericana llamada “Star dust”, que en español quiere decir “Polvo de estrellas”.
¿Porqué decir que “somos polvo de estrellas”?

Como se sabe según hipótesis mayoritariamente aceptada, el universo se originó con
la explosión de un punto material, acontecimiento conocido como el Big Bang.

En el momento de la explosión el universo sólo estaba formado por electrones,
protones y neutrones entre unas pocas partículas mas. Todo empezó a una altísima

temperatura. Unos cien segundos después de la explosión, la temperatura descendió lo suficiente para que los protones, que son núcleos de hidrógeno, se combinaran con neutrones para formar átomos de helio. Se empezaban así a formar los elementos químicos que componen la sustancia como ahora la conocemos. Tendría que pasar un millón de años para que se formaran nuevos átomos de helio.

Mucho tiempo después, los átomos de helio se convertirían en elementos más pesados como carbono y oxígeno. Ahí ya vamos viendo la aparición de componentes conocidos de los seres vivos.

Pero para la aparición de esos elementos químicos esenciales, será necesario la formación de estrellas pues dentro de éstas se generarán para luego, “como polvo de estrellas” constituir la materia prima de toda sustancia

Las estrellas se gestan en regiones ocupadas por polvo y gas hidrógeno. Estas regiones se suelen encontrar en nebulosas y galaxias. En la Vía Láctea, que es nuestra galaxia, se presentan regiones de polvo e hidrógeno en el disco que bordea el núcleo central y en los brazos de la espiral galáctica. Las partículas de polvo e hidrógeno se aglutinan en condensaciones que se contraen por atracción gravitatoria.

A cierta temperatura, la condensación empieza a emitir radiación infrarroja obteniéndose una protoestrella. Si la masa supera un décimo de la del sol, la protoestrella se comprime y se calienta irradiando luz visible y habrá nacido una estrella. En determinadas condiciones las estrellas se contraen por atracción gravitatoria llegando a producir colosales explosiones que dan lugar a las supernovas con una luminosidad que supera a la de todas las estrellas de la galaxia juntas.

Algunos de los elementos oxígeno, carbono y otros formados dentro de las estrellas serán arrojados por esta explosión al medio universal como “polvo de estrellas”, después de un largo y complicado proceso serán los sujetos de la Evolución por la cual surgirá como producto más logrado el Hombre y es por eso que podemos decir “somos polvo de estrellas”.

Siguiendo la tradición católica, el miércoles de ceniza preámbulo de la Semana Santa, el sacerdote traza con ceniza una cruz en la frente de los asistentes a la vez que exclama: “memento homo pulvis eris et in pulvis reverteris” “recuerda hombre que polvo eres y en polvo te convertirás”.

El polvo que somos es el “polvo de estrellas” y el polvo en que nos convertiremos será materia prima de nuevos elementos que posibilitarán la vida de futuras generaciones a las cuales contribuiremos no sólo con nuestro polvo final sino con nuestros actos en la vida que coadyuven a la formación de valores positivos que sean heredados por quienes nos sucedan.

DETERMINISMO O NO EN CIENCIA Y OTROS ENTORNOS

El ver la magnífica película Lutero, hace unos días, me llevó por asociación a reflexiones sobre determinismo e indeterminismo en física pasando por otras disquisiciones que me sugiere la controversia sobre predestinación y libre albedrío, como requisito para alcanzar la salvación con el significado que tal concepto posee en distintas doctrinas religiosas. Esa controversia, vigente desde que el hombre, una vez que vió aceptablemente resueltos sus mas elementales medios de subsistencia, comenzó a preocuparse por problemas como el destino de su alma , si es que tal cosa era concebible, después de la muerte.

Desde el principio de esas ideas, se planteó la polémica entre quienes sostienen que se nace predestinado a la salvación del alma como una gracia de origen divino, y los que defienden la creencia de que la salvación se gana por buenas acciones para lo cual los individuos tienen libre albedrío. Ya aquí advertimos la antinomia determinismo-indeterminismo que en la ciencia tiene su análogo en la teoría de la Mecánica Cuántica, específicamente en el Principio de Indeterminación de Heisenberg, según el cual es imposible medir con igual precisión a la vez, la posición y la cantidad de movimiento de una partícula. Es por esa indeterminación que no se debe a imperfección instrumental de la medida, que en el micromundo se ha de razonar a base de probabilidad y no de determinismo. Aunque sólo es observable en el micromundo, la indeterminación es teóricamente universal.

La controversia acerca de la salvación, adquiere fuerza con la Reforma de Martín Lutero y es tomada por otros teólogos como Zwinglio y Calvino entre los sostenedores de la predestinación, tesis que es característica del protestantismo en contraposición a lo sustentado por los católicos quienes defienden el libre albedrío. Acudí al bien estructurado ensayo del escritor de Holguín, Cuba, doctor José Rojas Bez publicado en 1980, ganador de premio, “Un Estudio sobre La Vida es Sueño” en el que desarrolla excelentemente el tema Predestinación-Libre Albedrío. Ahí puede verse como una lectura acrítica de una epístola de San Pablo, puede suscitar el debate. Dice así en una de sus partes la epístola: “...Pues así también en el presente tiempo ha quedado un resto. En virtud de una elección graciosa.

Pero por gracia , ya no es por las obras, que entonces la gracia no sería gracia...”.

En la Iglesia Católica, una de las mas relevantes figuras de la Patrística, San Agustín, Obispo de Hipona, aunque con cierta crítica concesión al libre albedrío, en definitiva defendió la Predestinación y su criterio prevaleció hasta avanzada la Edad Media. Es en esta etapa en que el teólogo mas importante en el proceso de fundamentación doctrinal de la Iglesia Católica, Santo Tomás de Aquino establece lo que pudiéramos llamar una conciliación entre ambos enfoques del problema de la salvación, conciliación que mas adelante se adapta mas al libre arbitrio con la tesis conocida como molinismo debida al teólogo español Luis de Molina. No es difícil el paralelismo que puede establecerse entre las antinomias predestinación- libre albedrío y determinismo- indeterminismo que surgió en el desarrollo de la física a principios del pasado siglo xx cuando aparece la Mecánica Cuántica y su Principio de Indeterminación de Werner Heisenberg poniendo final, al determinismo laplaciano. El principio de determinismo laplaciano (por su autor el físico frances del siglo XIX, Marqués Pierre Simon de Laplace) expresa que aplicando la Mecánica Clásica es posible, conociendo los parámetros de un objeto en un momento dado, conocer cuales serán esos parámetros en un momento cualquiera. Ya prácticamente en nuestros días el indeterminismo toma mas fuerza en algunas ramas de la ciencia con la Teoría del Caos y demás teorías que conforman la Ciencia de la Complejidad. Estos aspectos de la ciencia moderna y hasta posmoderna, debidamente extrapolados pudieran pertrechar de argumentos a la tesis religiosa del libre albedrío y ampliados algo mas, al concepto de libertad individual racionalmente encauzada al igual que en el contexto cuántico.. :

EL AZAR EN LA CIENCIA

En muchos hallazgos logrados por algunos científicos, ha estado presente lo fortuito, el azar. Tal eventualidad se ha presentado en casi todas las vertientes de la ciencia, pero ahora sólo voy a referirme al azar en física.

El primer caso que citaré será el del descubrimiento del Electromagnetismo por el físico danés Christian Oersted. Se encontraba éste mostrando un experimento de electricidad a sus alumnos, consistente en abrir y cerrar un sencillo circuito de corriente directa, cuando notó que la aguja magnética de una brújula que había cerca, oscilaba con cada cierre y apertura del circuito. Repitió varias veces la acción y llegó a la conclusión de que las corrientes eléctricas crean a su alrededor un campo magnético. Se iniciaba así la rama de la física llamada Electromagnetismo.

Otro ejemplo de la presencia del azar lo tenemos en el descubrimiento realizado por el físico alemán Willhem Roentgen cuando trabajaba con un tubo de rayos catódicos, los cuales vienen a ser como un chorro de electrones, al observar con asombro que el esqueleto de su mano al pasar cerca del tubo se proyectaba en una placa fotográfica cercana. Analizando el fenómeno, Roentgen concluyó que el tubo de rayos catódicos emitía una radiación hasta ese momento desconocida que era capaz de atravesar tejidos blandos como la piel, pero no tejidos duros como los huesos..Había descubierto unos rayos a los que llamó X como se le llama a lo desconocido, pero que justamente se le conocen también como rayos Roentgen

La última contribución de la casualidad, del azar a la ciencia que reseñaré se refiere al descubrimiento de la radiactividad natural. Como es sabido, por el descubrimiento de la radiactividad natural compartieron el Premio Nobel, María Curie, Pierre Curie y Henri Becquerel, pero la génesis del descubrimiento fue un hecho casual ocurrido a Becquerel. Había guardado este físico francés, en una gaveta, una piedra de mineral pechblenda, una placa fotográfica y entre estos dos objetos, fortuitamente, una llave de cerradura grande. Cual sería su sorpresa al abrir la gaveta y encontrar la placa convertida en el negativo fotográfico de la llave. Comunicado el hallazgo a los esposos Curie, los tres siguieron las investigaciones que condujeron al descubrimiento del elemento químico Radio. Este elemento contenido en el mineral de la gaveta de Becquerel emite radiaciones que fueron las que propiciaron la fotografía de la llave..

Quizás algunas mentes poco dotadas puedan pensar que con suerte cualquiera podría ser un descubridor científico, pero no tienen en cuenta a quienes les ocurrieron las ayudas del azar narradas. Si el favorecido por la casualidad no es alguien preparado para extraer de lo fortuito lo científico, el descubrimiento no hubiera ocurrido. No por gusto cierto historiador de las ciencias expresó: el azar solo habla con los genios.

REALIDAD, FE Y RAZÓN

“Negar la posibilidad del

***conocimiento pleno de
la realidad, no es
necesariamente negar la
realidad”.***

Suele pensarse que la palabra fe, con un sentido próximo al religioso, no tiene cabida en el discurso científico. Sin embargo, alusiones a la fe con el significado al que nos hemos referido, aparecen con frecuencia en escritos de científicos a los cuales no se les puede clasificar como religiosos precisamente.

Pero ¿con qué significado es utilizado el término fe en el contexto científico?. La fe del científico es en la razón, la causalidad, y la armonía universal. Fe que lleva implícita la admisión de la realidad objetiva, pues no tendría sentido el quehacer científico aunque exista el generalizado criterio de que tal como suponen variantes del positivismo como el pragmatismo, el instrumentalismo y el convencionalismo, el método científico sólo permite acercamientos mediante hipótesis.

Ejemplo relevante de profesión de fe en la razón, en la permanente manifestación de la causalidad y armonía universal, es el manifestado por Albert Einstein al expresar: “ Sin la fe en la armonía interna de nuestro mundo, no podría haber ninguna ciencia”. Al garante de esa armonía interna le llama Einstein, a veces irónicamente, Dios con lo cual parece acercarse a la corriente filosófica-teológica del deísmo la cual concibe una causa inmaterial de todo lo existente pero en nada parecido al dios antropomórfico de las religiones teístas.

Un positivista radical como Stephen Hawking, ha dicho que sólo podríamos tener conocimiento pleno de la realidad si tuviéramos acceso a la “mente de Dios”. Dicho por un no teísta (aunque quizás deísta) como Hawking, equivale a declarar la imposibilidad del conocimiento pleno de la realidad.

Como antes dijimos el método científico se centra en buscar vías para acercamientos al conocimiento de la realidad mediante hipótesis y para ello se utilizan diferentes vías las cuales en general se sirven de la práctica experimental y/o de la observación metódica como inicio, continuidad y conclusión provisional.

Pudiéramos decir que espontáneamente, a partir de lo empírico, la vía de búsqueda de conocimiento de lo que la empiria ha motivado, es la inducción. A grandes rasgos el método inductivo consiste en inferir las causas de los hechos observados motivantes del estudio, reproduciendo una y otra vez el experimento u observación originario, admitiendo el cumplimiento estricto de la causalidad.

La inducción se nos presenta como método adecuado a la vez que simple de búsqueda del conocimiento. Sin embargo el método inductivo da pie a importantes consideraciones. Algo que se muestra tan evidente como la relación causa-efecto, ha sido motivo de profundos debates filosóficos y científicos a lo largo de la historia. El hecho de que a una causa le corresponda necesariamente determinado efecto, fue puesto en entredicho en el siglo XVIII por el gran filósofo inglés David Hume con argumentos muy bien elaborados, no fáciles de rebatir, que influyeron en el pensamiento de grandes filósofos que le sucedieron. Según Hume lo único que sabemos es que hay fenómenos que siempre hemos visto acontecer cada vez que antes ha aparecido otro que siempre es el mismo, pero que nada impide que tal cosa no ocurra alguna vez por lo que no puede asegurarse que uno es causado por el otro.

Es por eso que se piense con Einstein, que esperar el permanente cumplimiento de las leyes de la naturaleza, es un acto de fe.

El célebre matemático y filósofo francés Henri Poincaré, se maravilla del permanente cumplimiento de las leyes naturales, lo cual expresó del siguiente modo en una de sus obras más famosas: "Los hombres piden a sus dioses que prueben su existencia con milagros, mas la eterna maravilla es que no haya incesantemente milagros. Por eso el mundo es divino, puesto que por eso es armonioso".

En lo que expusimos sobre Hume y su tesis, ya se advierte al go que nos indica que la inducción no constituye una forma concluyente de calificar como cierta una hipótesis que haya resultado de ese método. Por muchas veces que realicemos experimentos que comprueben lo expresado en la hipótesis, bastará uno sólo que no lo haga para refutarla.

Aunque la matemática no es una ciencia natural como hemos explicado en nuestro artículo "La matemática, una ciencia peculiar", de ésta vamos a tomar un ejemplo de fallo de la inducción como método definitivo después de varias pruebas positivas de la hipótesis propuesta. La expresión:

$n^2 - 3n - 1 < 0$, es cierta para sucesivos valores desde $n = 1$ hasta $n = 3$, pero ya para $n = 4$ es falsa, lo que demuestra que la expresión dada era falsa.

De modo que el método de verificabilidad antes utilizado no puede garantizar la exactitud de una hipótesis obtenida por simple inducción.

Motivado por lo expuesto, el lógico austriaco Karl Popper propuso el método de falsación en vez de verificación para juzgar una hipótesis. Según Popper para que una tesis sea considerada científica, debe expresar explícita o implícitamente una forma factible de refutarla o falsarla. El ejemplo de la expresión matemática cumple con la falsabilidad pues implícitamente se muestra que por sucesivas sustituciones de n puede refutarse para algún valor., por lo cual según Popper es una hipótesis científica no obstante no ser cierta. Hipótesis no falsables como: “Mañana puede llover”, según Popper no son científicas.

No obstante la excelencia de la tesis de Popper, pensamos que es demasiado absoluta en cuanto a que si no es falsable no es científica una proposición. Según esa afirmación, para Popper no sería científico nada menos que el Principio de Inercia de Galileo que expresa; “Una partícula no sometida a acción exterior alguna, se encontrará en reposo o en movimiento rectilíneo y uniforme”. ¿Cómo refutar algo que le ocurre a algo no sometido a acción exterior alguna?. Claro que se hace alusión a una situación ideal, pero ¿podrá no ser científica una proposición que permite sentar los fundamentos de la Mecánica Clásica?.

No obstante la insuficiencia mostrada del procedimiento de inducción como método de validación de determinado presupuesto científico, de ello no se desprende su inutilidad., . No cabe duda de que inteligentemente utilizado e interpretado, el método inductivo ha llevado a aceptar como válidas hipótesis y teorías, algunas de gran trascendencia, en las cuales sensatamente no cabe esperar que aparezca una experiencia que marque su refutación.

Artículos recomendados como complementarios:

“Fe y razón en ciencia y poesía”.en libro “Ciencia, Arte y Literatura” .
Joaquín González Álvarez. Ediciones Holguín. Holguín, Cuba.
En www.casanchi.com los artículos: “Hipotesis y Realidad”,

“Hawking, Penrose y la Realidad”, “Matemática, una ciencia peculiar”, de Joaquín González Álvarez.

Libro: “La Ciencia y la Hipótesis”. Henri Poincaré.

Libro: “En torno a Galileo”. José Ortega y Gasset.

¿QUÉ ES LA COMPLEJIDAD?

La complejidad pretende un acercamiento a la comprensión de lo que llamamos la realidad física y filosófica, es una forma de analizar, de reflexionar sobre determinados aspectos de la naturaleza, la sociedad y el pensamiento, los cuales presentan ciertas características que los clasifican como sistemas de comportamiento complejo. Características como son fundamentalmente las que mas adelante trataremos.

Los sistemas de comportamiento complejo necesitan para ser determinados de un programa que medirá el grado de complejidad por la cantidad de información que contenga En términos matemáticos, por el número de bits o longitud del programa. Característica esencial de estos sistemas es el hecho de que constituyen colectivos en los que surgen propiedades al constituirse éstos y que no presentaban sus elementos aisladamente.. A éstas se les llama propiedades emergentes. Las variaciones en la cantidad, valor y propiedades en general de los sistemas que estudia la complejidad, no lo hacen de forma directamente proporcional o como se dice en matemáticas de forma lineal, sino de forma no lineal. Cuando la causa de la variación, por ejemplo, se duplica, el efecto no se duplica, puede digamos, triplicarse.

Las variaciones que experimentan los sistemas de propiedades complejas pueden llegar a situaciones en que no sean predecibles y que muy pequeñas variaciones en las condiciones hasta cierto momento existentes, provoquen grandes cambios irregulares, no periódicos, en las propiedades, cantidades o valores del sistema. Se dice entonces que se ha llegado al caos, teniendo este vocablo una connotación especial en la teoría que estudia la complejidad. Es un concepto que, como otros de la Teoría de la Complejidad. tuvo su origen en las matemáticas. Hay ecuaciones o sistemas de ecuaciones que a partir de ciertos valores de las variables, los

valores que siguen resultan impredecibles, aperiódicos, se dice entonces que se ha llegado al caos determinista, determinista porque se somete, aún con las características citadas, a regularidades que se estudian y se tratan con métodos de las ciencias exactas, naturales y humanísticas.

Esa característica de los sistemas en régimen de caos, de pequeñas causas provocando notables cambios en los efectos, ha pasado a la cultura pudiéramos decir popular, descrita como que “el aleteo de una mariposa en New York es capaz de provocar un tiempo después un huracán en Pekín”, lo que ha motivado que el caos sea conocido como Efecto Mariposa. Y ya llegado a este punto podemos ir comprendiendo como conceptos como el de caos y otros de la Complejidad, manejados inteligentemente y con cabal entendimiento del concepto en su significado originario, pueden ser extrapolados a otras ramas del conocimiento universal y con procedimientos análogos de razonamiento a los originarios, enriquecer teorías de disciplinas como, economía, sociología, filosofía, psicología además de las distintas ramas de la ciencia, física, química, biología, que fueron donde surgieron los conceptos básicos de la Complejidad.

Además, y esto es muy importante, la teoría del caos, vertiente principal de la Complejidad,, al mostrarnos que en un momento dado multitud de procesos se hacen impredecibles, y que esto es algo que forma parte de la realidad, que no podemos evitar, el enfrentarnos racionalmente a esta realidad y actuar en consecuencia, es algo que nos lo permite el estudio a fondo de la teoría del caos. Nos permite trazar estrategias ante eventualidades en todos los terrenos de la vida. Hace unos años ocurrió que en México y más tarde en varios países asiáticos, hubo una caída estrepitosa de las bolsas de valores, las cuales comenzando en puntos localizados, se propagaron caóticamente por casi todo el mundo por lo cual remedando lo del Efecto Mariposa, se les llamó a esos eventos, Efecto Tequila al de México y Efecto Dominó al asiático. Muy presente estuvo la teoría del caos y por ende la de la Complejidad en los pasos dados por los economistas para superar esas crisis.

Otra muy importante vertiente de la Complejidad la constituye la Termodinámica de No Equilibrio, que, como su nombre indica tiene su origen en la termodinámica, pero que sus conceptos esenciales extrapolados racionalmente pasan a ser poderoso instrumento investigativo en disciplinas como la sociología y la economía. En esta vertiente de

termodinámica de no equilibrio y a partir de los aportes del Nobel belga Ilya Prigogine., se hace énfasis en los conceptos de equilibrio y orden que partiendo de la termodinámica son conceptos antagónicos aunque parezca extraño. En este contexto, el equilibrio es el estado al que espontáneamente tienden los sistemas y si bien se analiza, esa tendencia es hacia el desorden. Enciérrese un gas en una caja y de momento ábrase un extremo de ésta; espontáneamente las moléculas del gas se regarán, se desordenarán y en ese desorden permanecerán, será su estado natural, su estado de equilibrio como entiende la termodinámica. Para ordenar las moléculas del gas de nuevo habría que hacer fuerza sobre ellas, empujarlas hacia la caja. El orden no es espontáneo, hay que imponerlo, bien que lo sabemos. Pero un sistema equilibrado no suele ser útil. Un gas en una jeringuilla sin émbolo, está desordenado, en nuestro contexto equilibrado, pero no produce movimiento. Si lo comprimimos con un émbolo, lo ordenamos, lo desequilibramos pero estará apto para realizar un trabajo cuando soltemos el émbolo y se expanda. Es por ello que, aunque parezca paradójico, para lograr movimiento es necesario propiciar el no equilibrio. Manejado racionalmente este hecho puede resultar positivo en importantes momentos. En los saltos cualitativos de cambio de estructuras socioeconómicas, se suelen presentar. en el momento de producirse, inestabilidades, desequilibrios, que pueden tomar la forma de contradicción entre las fuerzas productivas y las relaciones de producción aunque esto no signifique una necesidad histórica. La termodinámica de no equilibrio predice y así se cumple, que a partir de la inestabilidad, del no equilibrio, la estructura se estabiliza en un nuevo estado. Pero como todo orden hay que mantenerlo pues no es espontáneo como vimos. Para lograr ese orden sostenido gran aporte hace la Teoría de la Complejidad sobre todo en la vertiente de la termodinámica de no equilibrio debidamente extrapolada desde sus conceptos originarios.

En la actualidad a nivel mundial se realizan intensos estudios de la Complejidad. .En los planes de estudio de las enseñanzas superior y media aparecen destacados espacios dedicados a la Teoría de la Complejidad a nivel mundial.

Antes de finalizar debemos expresar nuestra opinión de que, quienes seducidos por el sugerente significado que algunos de los términos del glosario de la Complejidad tienen en el lenguaje común como caos y

complejidad, se sienten motivados a incursionar en extrapolaciones de conceptos, antes deben adentrarse en los fundamentos originarios de los mismos casi todos concebidos en el campo de las matemáticas y las ciencias naturales para evitar caer en lo metafórico.

. LA TEORÍA DE LAS CUERDAS

Una de las teorías que mas acapara la atención de físicos, matemáticos y cosmólogos, es la llamada Teoría de las Cuerdas, la cual constituye una alternativa a las variantes de la física de las partículas en los empeños unificadores de las teorías científicas que comprenden como uno de los principales temas el de la unificación de las fuerzas de la naturaleza a la que dedicaron sus mayores esfuerzos intelectuales Albert Einstein, Theodor Kaluza, y John Wheeler entre otros, en el constante afán de conocer la realidad. Las distintas vertientes de la Teoría de las Cuerdas, ha tenido gran desarrollo mostrando en general gran coherencia y lógica interna, pero con el gran inconveniente de que no se han podido llegar a cabo confirmaciones experimentales por grandes dificultades técnicas para su desarrollo . No obstante resultan tan interesantes los hallazgos teóricos obtenidos por los científicos de las cuerdas, entre los que destacan Michael Green, Brian Greene, Edward Witten, y otros como Eugenio Calabi y Shing-Tung Yau, que no obstante la hasta ahora no lograda confirmación experimental, se continúa con gran optimismo trabajando en la teoría en cuestión.

Según la teoría de las cuerdas los constituyentes últimos de la materia, átomos, electrones, etc., no son partículas prácticamente adimensionales como plantean la Teoría Estándar y la Electrodinámica Cuántica y sus vertientes, sino unidimensionales e imperceptibles directamente, cuerdas

abiertas o cerradas, que no obstante su pequeñez superan la longitud límite o longitud de Planck condición que no presentan las partículas.

Las cuerdas que nos ocupan a semejanza de las de los instrumentos musicales poseen frecuencia propia aunque, por supuesto, no suenan. Según la frecuencia, nuestras cuerdas serán cuerdas protones, cuerdas electrones, etc. También están las cuerdas portadoras de fuerza como las cuerdas, fotones y demás. Y es entre estas últimas que la Teoría de las Cuerdas ha hecho una de las predicciones más importantes al fundamentar la necesidad de la existencia de las portadoras de la fuerza de la gravedad, los supuestos pero hasta ahora no detectados gravitones. La fundamentación como consecuencia que emerge de la lógica interna de la Teoría de las Cuerdas, constituye según Witten una comprobación lógica de la certeza de ésta, que tiene fuerza como una comprobación experimental.

Otra de las ventajas que presentan los teóricos de las cuerdas está relacionada con las rugosidades del espacio-tiempo debidas a las fluctuaciones cuánticas. Dichas fluctuaciones son explicadas por el Principio de Incertidumbre de Heisenberg aplicado en el nivel subplanckiano al par energía-tiempo: la imprecisión de las duraciones del tiempo acarrea imprecisiones de la energía lo cual por $E=mc^2$, motiva la creación de pares partícula-antipartícula y la consiguiente deformación rugosa de la curvatura del espacio-tiempo. Esa pérdida de la “suavidad” de la curvatura hace inaplicable la Teoría General de la Relatividad al aparecer indeseables infinitos. Y es esa dificultad la que según la Teoría de las Cuerdas no se “presenta” ya que los medios de detección son cuerdas las cuales por sus dimensiones superiores a la longitud de Planck, no “advirten” las rugosidades subplanckianas. Nos parece exagerado este radical razonamiento positivista. ¿no se “presenta” la rugosidad o no “vemos# la rugosidad?. Suena como aquello de que “ojos que no ven, corazón que no siente”.

De todos modos, en general la Teoría de las Cuerdas, por su formal aplicación del método científico y sus lógicas conclusiones, es posible que en un futuro cercano pueda tener convincente verificación.

Bibliografía

Greene, B.. 1999. The Elegant Universe. Vintage Books. New York.
Hawking, S. 2000. El Mundo en una Cáscara de Nuez.. Editorial Crítica, Barcelona.

CURVATURA DEL ESPACIO-TIEMPO Y UNIFICACIÓN DE LOS CAMPOS

Según la Teoría General de la Relatividad (TGR) de Albert Einstein, las variaciones en un proceso físico ocurridas en un sistema debidas a la aceleración del mismo, son indistinguibles de las ocurridas por la acción de masas o de energía sobre el sistema en cuestión. (Ver artículo “Las Teorías de la Relatividad”). Tal hecho explica el que un rayo de luz pueda ser desviado por un campo gravitatorio lo cual puede entenderse mediante el experimento ideal descrito de la siguiente forma. Imaginemos un ascensor cerrado que en una de sus paredes tiene un pequeño orificio. Estando en reposo, un rayo de luz penetra por el orificio proyectando un punto luminoso en la pared de enfrente a la misma altura del orificio. Si este proceso se repite con el ascensor en movimiento acelerado hacia arriba, el punto luminoso se proyectará a una altura inferior a la del orificio ya que durante el trayecto del rayo el punto en donde se había proyectado la luz cuando el reposo. Se habrá desplazado hacia arriba junto con el ascensor.. Todo ocurre como si el rayo se hubiera curvado hacia abajo. Por lo que dijimos al principio, la TGR afirma que la misma curvadure se hubiera producido por la acción gravitatoria de un cuerpo masivo.

Las consecuencias de lo que predice la TGR antes expuestas, se fundamentan teóricamente a partir de las ecuaciones de la TGR y sus derivaciones. Una ecuación que deriva de las fundamentales de la TGR, que evidencia que las masas y la energía curvan el espacio-tiempo, la podemos obtener formalmente mediante los siguientes razonamientos. Una relación deducida de las fundamentales de la TGR expresa que $R_{ab} = (1/c^2)\Delta\Phi$ y por una analogía con la ecuación de Poisson: $\Delta\Phi = 4\pi k\mu$ donde Φ potencial gravitatorio, μ masa unitaria y R_{ab} tensor de curvatura de Ricci, se tendrá por las dos igualdades anteriores:

$R_{aa}=(4\pi k/c^2)\mu$ en la que se evidencia la dependencia de la curvatura con la masa.

Lo anterior se interpreta como que una masa en el espacio-tiempo producirá una curvatura, una hondonada, parecida a la que produce un cuerpo pesado al asentarse sobre una lámina de goma tensada por sus puntas. Si otra masa se coloca cerca de la anterior se deslizará por las laderas de la hondonada hasta juntarse a la otra. De ese modo, por alteración geométrica del espacio-tiempo explica la TGR la atracción gravitatoria por lo que se ha llamado la Geometrización.

Animado por la elegancia del método de la Geometrización, Einstein trató sin lograrlo aplicarlo al campo gravitatorio en forma análoga a como se hizo con el gravitatorio. El físico Theodor Kaluza, con el mismo propósito de Einstein al estudiar la posibilidad de existencia de una quinta dimensión encontró que las ecuaciones que la justificaban coincidían con las propuestas por Maxwell para el campo electromagnético, pero la idea no prosperó al no haber manera de detectar la nueva dimensión.

Muchos intentos de unificación de los campos se continúan haciendo y teorías como la de las cuerdas han logrado atisbos de acercamiento teórico al sueño de Einstein.

Bibliografía

- Brian, G. 1999. The Elegant Universe. Vintage Books. New York.
Einstein, A. 1984. The Meaning of Relativity. MJF Books. New York.
Landau, L. y E. Lifshitz. 1959. Teoría Clásica de los Campos. Reverté. Barcelona.

¿ES REAL LA NADA?

Uno de los presupuestos de la Teoría del Big Bang mas difícil de aceptar por la mente, es el que presenta al punto geométrico que lo originó, como única cosa existente, pudiera decirse aunque impropriamente, situado en la nada., sin que pudiera hacerse en ese momento inicial referencia al espacio o al tiempo; el punto inicial según la teoría aceptada, estaba en la nada, en el vacío absoluto.

A la nada como categoría universal se hace constante alusión en la literatura, sobre todo en poesía, y es así que podemos presentar un bello ejemplo tomando dos versos del poema “Plegaria a Dios” de Gabriel de la Concepción Valdés (Plácido). En uno de ellos dice el poeta:”Sin vos Señor, el todo es nada” y mas adelante:”y aún esa nada os obedece”. ¿Pero qué es la nada?. La nada, dicen los físicos, no existe y para esa afirmación se basan nada menos que en la Mecánica Cuántica. Para dar una idea del razonamiento según el cual la nada no existe, hay que dar unos pasos previos.

Según el principio de indeterminación de la Mecánica Cuántica, algunas magnitudes como la energía y el tiempo, no pueden medirse con igual precisión a la vez para determinada situación. De modo que si existiera la nada en ella el valor de la energía sería con indiscutible precisión: cero, luego por el principio de indeterminación la otra magnitud involucrada, el tiempo, sería imprecisa y para que algo sea impreciso tiene que existir lo cual lleva a la conclusión de que en la nada tiene que existir el tiempo, con valores fluctuantes imprecisos que conllevan a que a la energía también exista con valores fluctuantes. De modo que estos razonamientos conducen no sólo a que la nada no existe, sino que ya el tiempo existía antes del Big Bang, contrariamente a lo supuesto en la teoría de este evento.

Relacionado con todo lo que vengo diciendo, lo cual ha sido propuesto entre otros por Ilya Prigogine ya citado en otro contexto en este espacio

radial, se ha propuesto una variante del momento inicial del Big Bang en el que, como vimos, se niega que ahí comenzara el tiempo y además se afirma que la materia del universo fue producto de la energía fluctuante que mencioné, al convertirse en masa equivalente mediante la famosa fórmula $E=mc^2$.

(Dice Ernesto Cardenal en sus Versos del Pluriverso: "Como también no hay vacío, no hay espacio vacío/ y todo el universo es energía/ que a veces toma forma de materia".)

Cierto que a pesar de lo atractivo de la teoría que he explicado, todavía no ha tenido el consenso de la comunidad científica quizás por poco conocida o también por inercia mental. Tampoco ha sido rechazada por lo que resulta interesante seguir su posible desarrollo. Lo que si cuenta con la aceptación de la física es que la nada no existe.

"Y aún esa nada os obedece", dijo Plácido,
pero esa nada obediente, dicen los físicos, no es nada. ("...en la teoría cuántica no existe ninguna nada", en sus Versos del Pluriverso dice Ernesto Cardenal.).

EL INFINITO

¿Es infinito el Universo...?

¿Lo es el espacio...?

¿Existe el Infinito...?.

Resumen

Se realiza una exposición sobre el concepto de infinito matemático y se alude a la clasificación de infinito actual e infinito potencial, así como se presentan ejemplos de secuencias, magnitudes y entes geométricos infinitos.

Introducción

Mucho se utiliza el vocablo “infinito” en el habla común y con mas frecuencia en el lenguaje literario, pero muy pocas veces con su significado preciso. En un diccionario de la lengua aparece como primera acepción de “infinito” la que se aviene con la etimología: lo que no tiene fin. La palabra infinito la aplicamos la mayoría de las veces incorrectamente, como sinónimo de muy grande o de lo que no percibimos su terminación.. En el presente trabajo me referiré al infinito en su primera acepción o sea como lo que no tiene final. Como antes dije se suele calificar de infinito a lo que es inmensamente grande, así del universo se dice que es infinito y aunque algunas hipótesis como tal cosa lo tienen, teorías como la General de la Relatividad de Einstein, lo consideran finito

Desarrollo

La idea de infinito se nos presenta con mayor claridad al fijarnos en conjuntos como el de los números naturales $1,2,3\dots$ cuya serie no tiene final. En los conjuntos infinitos como éste, se presentan paradojas como la de que por ejemplo, los números pares los cuales por supuesto, no son todos los números naturales, también son infinitos. Y a cada número natural le corresponde un número par. Con lo cual paradójicamente hay tantos números pares como números naturales siendo los pares sólo una parte de los números naturales, De los conjuntos cuyos elementos pueden colocarse en correspondencia uno a uno sin que sobre ninguno, esto es en correspondencia biunívoca o biyectiva, se dice que tienen la misma cardinalidad, La cardinalidad sólo depende del número de elementos del conjunto y no de su ordenamiento. El número de elementos se designa por el cardinal de ese conjunto. Por ejemplo el número cardinal de los conjuntos coordinables uno a uno con los conjuntos de cardinalidad cuatro

es el 4. Cuando se trata de conjuntos infinitos al cardinal se le denomina cardinal transfinito. De modo que así considerado hay el mismo número cardinal transfinito de números pares que de números naturales en total. Ese número cardinal transfinito lo representan los matemáticos con la letra hebrea aleph, el Aleph de la narración de Borges. Me parece de interés a esta altura de mi trabajo aludir al concepto de número ordinal. Lo haré mediante un ejemplo ya que la definición rigurosa es algo complicada. El conjunto $\{0,1,2,3\}$ corresponde al número ordinal 4 (cuarto) porque: a) su cardinalidad es 4 y b) $0 < 1 < 2 < 3$. A Borges le atraía con singular fuerza el infinito, se advierte en narraciones como la citada y otras como “La muerte y la brújula”. En dicho cuento Borges alude sin nombrarla, a la famosa Paradoja de Zenón de Elea o Paradoja de la Dicotomía. En su paradoja, Zenón argumentaba que nada ni nadie podría recorrer completamente un segmento de recta AB, esto es, saliendo de A nadie podría llegar a B. pues primero tendría que recorrer $AC=AB/2$, después $AD=AC/2$ luego $AD=AE/2$, y así infinitas dicotomías que no permitirán recorrer la totalidad del segmento. Al ir tendiendo a cero la longitud de la distancia, el número de dicotomías se hace infinito, el valor de una fracción cuyo denominador tiende a cero se hace infinito. No obstante en matemática se establece que la división por cero no está definida. En la narración un detective analítico al estilo del Dupin de Edgar Poe, plantea a quien pretende asesinarlo, que recorra hasta llegar a él un segmento mediante las dicotomías de Zenón con el propósito (ignorado por su enemigo) de que nunca lo alcance. Atendiendo al concepto de límite del Cálculo Infinitesimal, se infiere que la Paradoja de Zenón de Elea niega el movimiento y es por eso que en lenguaje común, a la tendencia al inmovilismo se le llama *eleatismo*.

Un argumento similar al de la Paradoja de la Dicotomía de Zenón, lo utilizó el escritor Arthur Schnitzler en su novela “Flight to the Darkness”, en la cual un personaje sostiene que la muerte no existe, ya que en el último momento se vuelve a vivir a vertiginosa velocidad toda la vida, pero a su vez esa vida rememorada tendrá su propio último momento y así sucesivamente, de modo que se vivirá eternamente. De acuerdo con la teoría de los límites del Cálculo Infinitesimal, cada cual se aproxima a la muerte mas no la alcanza.

Asociado a nuestro tema del infinito, considero oportuno recordar un filme de los catalogables como de ciencia ficción serio que se exhibió hace unos años, titulado Moebius en el que se toma una de las alusiones matemáticas más ingeniosas a la vez que rigurosa al concepto de infinito. Para entender el filme se hace necesario explicar las características de una figura geométrica espacial llamada Cinta de Moebius de la cual paso a describir como se construye, De una tira de papel en forma de rectángulo estrecho y alargado, se toman sus extremos con el objeto de unirlos para formar un aro, pero antes de pegarlos, le damos una pequeña torsión a uno de los extremos de modo que su parte inferior pase a ser la superior y entonces los pegamos con goma. Tendremos formada la Cinta de Moebius. Esa cinta tiene una sola cara y no dos como tendría de no estar unidos sus extremos como dije, o como las tiene una hoja de papel cualquiera. Para comprobar esa insólita propiedad, se toma un bolígrafo y desde un punto cualquiera de la cinta se va trazando una línea paralela a sus bordes la cual se va prolongando a lo largo de la cinta hasta que vuelva al punto de partida.. Podrá comprobarse que recorre toda la cinta sin que quede una porción de la misma sin recorrer y sin tener que pasar por el borde de una cara a la otra por la sencilla razón de que solo tiene una cara. En el filme se presenta una línea de subway o tren subterráneo en la cual los vagones ruedan y ruedan sin encontrar tope alguno porque esa línea tiene la forma de una Cinta de Moebius. Los pasajeros viajan eternamente sin llegar a paradero alguno.. Su viaje no tiene fin su viaje es infinito. Vista de perfil la cinta de Moebius, recuerda la curva llamada Lemniscata de Bernouilli, curiosamente la forma del símbolo ∞ de infinito.

Del infinito decía Aristóteles que “aniquilaba” los números, refiriéndose a lo que ahora se acepta de que el producto de cualquier número por infinito es infinito: $n \times \infty = \infty$. También la suma con infinito es aniquilante en el decir de Aristóteles.

El concepto de infinito se hace más preciso y aceptable por el intelecto en otras partes de las matemáticas..

Según la Teoría de los Conjuntos de Georg Cantor, existe lo que se llama el infinito actual, algo ya dado como idea que la inteligencia puede captar .El infinito actual lo podemos comprender al pensar en la ya citada serie de los números enteros y positivos: 1, 2 , 3, etc. .que nuestra mente acepta que no tendrá final, sin que tenga que realizar experimento alguno el cual

por demás es imposible. La idea del infinito actual la aceptan los llamados platonistas y los logicistas como Frege y Bertrand Russell.

Bertrand Russell define el número infinito como una clase reflexiva, lo cual quiere decir que se corresponde término a término a una parte propia de la misma. Así A es un conjunto infinito si siendo B un suconjunto propio de A, existe una correspondencia biunívoca entre A y B. Un ejemplo de reflexibilidad según el filósofo noreamericano Royce sería un mapa *perfecto* de Inglaterra dibujado sobre el suelo de ese país, pues el mismo a su vez tendría dibujado ese tipo de mapa y así en un proceso teóricamente sin final. Se nos ocurre que una maqueta *perfecta* de una ciudad situada en un lugar de la misma, sería un buen ejemplo de reflexibilidad para mostrar el concepto de infinito. Bolzano en su tiempo proponía una idea semejante a la de Russell y Joyce de clase reflexiva como concepto de infinito.

Cantor en sus reflexiones místicas relacionaba el concepto de infinito a la idea de Dios a quien asimilaba con la ideal existencia de un último ordinal simbolizado por Ω a su vez relacionado con el concepto cantoriano de Infinito Absoluto. El Infinito Absoluto de cierta manera recuerda la Idea Absoluta de Hegel. Similares reflexiones que lindan con lo teológico, pero ya no para el infinito matemático, sino lo Infinito en abstracto, hacía San Agustín, Obispo de Hipona, en la Edad Media. San Anselmo en su Principio Ontológico (conocido como Prueba Ontológica de la Existencia de Dios), de cierta manera defiende el concepto de infinito actual al decir “Si la realidad es lo infinito, lo es en estos momentos”.

La teoría de Cantor sobre todo en lo que respecta al infinito, fue dura y fanáticamente criticada por Leopold Kronecker, lo cual le ocasionó una lamentable crisis depresiva a su genial autor. Todo ocurrió a finales del siglo XIX y principios del XX,

El infinito se evidencia también mediante fracciones como $\frac{4}{3}$ que al pasarla a decimales dividiendo 4 entre 3 se obtiene 1,3333...y la cifra 3 se repite una y otra vez sin que podamos esperar que alguna vez tenga final esa reiteración. El 3 se repite infinitamente.

Sin embargo los matemáticos que sostienen la tesis de que el infinito actual no existe y si el infinito potencial aducen que lo que ahora observamos como que no tiene final, tal es el caso del valor de la relación entre la longitud de la circunferencia y su diámetro, el famoso valor π , del cual se han calculado una enorme cantidad de cifras decimales sin que aparezca el

valor exacto, pudiera ocurrir, dicen estos matemáticos, que si se sigue buscando quizás aparezca la cifra final y π deje de ser una evidencia del infinito. Sobre la idea de los dos infinitos ya Aristóteles en sus reflexiones sobre el concepto de infinito consideraba la existencia de las dos citadas variantes. Claro está que en el caso de π donde no se encuentra ninguna regularidad en la aparición de las cifras decimales como se observa en su conocido valor aproximado 3,14159..., alguien podría tener la esperanza de que un día aparezca la cifra final, pero no creo que los partidarios del infinito potencial como único infinito, esperen que de momento el valor que antes vimos de $4/3$ esto es, 1,3333...deje de repetir el 3 y aparezca la cifra final que eche a perder nuestro ejemplo de infinito ¡y el Principio de San Anselmo!.

Conclusiones

Ironías aparte, creo que detenernos a meditar sobre cosas interesantes a la vez que importantes para el riguroso tratamiento de la ciencia, como es el concepto de infinito, nos permite ejercitar la mente en asuntos positivos, cosa útil ante la tendencia a ocuparnos de lo banal que a veces se nos propone.

REALISMO, NOMINALISMO Y CONCEPTUALISMO

En el período comprendido entre los siglos IX y XIII d.C., el mundo cristiano fue escenario de una importante controversia filosófica entre los teólogos de mas renombre de la época, conocida como discusión o disputa sobre los Universales. Por Universales, en el contexto del debate en cuestión, se entienden los conceptos generales que convienen a los conjuntos que abarcan

una misma especie de entes, algo así como como las Ideas o Arquetipos de Platón.

Los componentes de uno de los bandos contendientes sostenían que los Universales poseían una realidad semejante a la que los platonistas atribuían a las Ideas. O sea que eran entes reales, eternos, perfectos de los cuales los objetos de la naturaleza constituían una copia y que sólo existían por *participación* de la correspondiente Idea. Así que por ejemplo, un hombre era según Platon y seguidores, una copia del la Idea Hombre, que existía por *participación* en la Idea o Arquetipo Hombre. De forma análoga los partidarios del Realismo Medieval, aducían la realidad del Universal Hombre, del cual el hombre como individuo era sólo una copia.

Entre los mas destacados adherentes al Realismo Medieval se cuentan personalidades cuyas ideas aún se citan y se analizan. Tales como San Anselmo de Canterbury, Escoto Eriúgena, y otros representantes de la etapa en que los teóricos eclesiásticos conjugan la fe con la razón, dándole diferentes grados de influencia a ésta última, preparando de cierto modo al todavía lejano entonces Renacimiento.

Como tendencia contraria al Realismo, surgió la que agrupó a quienes alegaban que los Universales sólo eran nombres que tomaban los conceptos generales, sin que constituyeran nada real, Nominalismo se le llamó a esa corriente de pensamiento que tuvo como principales exponentes a Duns Escoto y Guillermo de Occam.

A finales del pasado siglo XX, el hasta entonces solamente conocido como prestigioso semiólogo italiano Umberto Eco, publicó su primera novela “El Nombre de la Rosa”, de inmediato éxito de venta y acogida por público y crítica, dentro de cuya interesante trama de estilo detectivesco, van surgiendo diálogos entre la figura principal un sacerdote franciscano y su asistente, de

profundo significado filosófico y teológico sobre el Nominalismo y los Universales, apareciendo numerosas referencias a Guillermo de Occam. Muchos de los que disfrutaron de la lectura de la novela (y de su versión cinematográfica) no se preguntaron sobre el eigmático título, no les preocupó el porqué del Nombre y el de la Rosa. Algo se trasluce al final de la obra en el que aparece un críptico hexámetro que habla de que el nombre de la *prístina rosa tan sólo nombre es*, trasluciendo así de cierta forma lo que de nominalismo se ha estado tratando a lo largo de la narración.

Defendiendo una posición intermedia entre Realismo y Nominalismo, surgió en el siglo XII, la tesis del teólogo Pedro Abelardo (conocido por el público llano por sus tempestuosos amores con una joven llamada Eloísa), según la cual los Universales no deben considerarse como no existentes pues existen como *conceptos* y permanecen en la mente de quienes los piensan aunque no formen parte de la realidad objetiva, En esto último nos parece advertir de cierta manera, un elemento de diferenciación entre *existencia* y *realidad* . Con justeza se le ha dado a la tesis de Abelardo el título de Conceptualismo.

Bibliografía

Larson, R. 2007. Calculus, Houghton Mifflin Company. New York.

González, J. 2001 Ciencia, Arte, y Literatura. Ediciones Holguín.

_____ 2003. Ciencia, Literatura, Arte...y Filosofía. Libro virtual.
<http://galeon.com/casanchi/lib/virtuales.htm>

Borges, J. L. 1988, Páginas Escogidas. Casa de las Américas.La Habana.

Ortiz, J. R. 1994. El Concepto de Infinito. Asociación Matemática Venezolana. Boletín. Vol. 1. Número 2

EMERGENTISMO Y REDUCCIONISMO, DOS INTERPRETACIONES DE LA REALIDAD

El concepto de Propiedades Emergentes, ha alcanzado singular relevancia dado el auge adquirido por las llamadas ciencias de la Complejidad, las cuales lo tienen como fundamental. Un sistema complejo en el sentido de nuestro tema, se caracteriza principalmente por la manifestación de propiedades emergentes.

Por propiedades emergentes se entienden , aquellas que presentan los sistemas que no muestran los elementos componentes por separado. Dicho de otra manera que nos será mas útil para el tema que nos proponemos: las propiedades del sistema no pueden *reducirse* a las de los elementos componentes tomados aisladamente. Hemos remarcado el término *reducirse* pues así como hay una corriente interpretativa que sostiene que las propiedades de un sistema emergen al constituirse el colectivo y que no es posible explicarlas por las de los elementos aislados, esto es la corriente del Emergentismo, existe otra que por el contrario, afirma que las propiedades del sistema pueden *reducirse* a la de los elementos componentes tomados por separado, interpretación que se conoce como Reduccionismo. Aunque es cierto que prevalece el Emergentismo y que prácticamente resulta peyorativo el calificativo de reduccionista aplicado a un argumento, a un concepto o a una fundamentación o explicación, se presentan casos en que la posición reduccionista toma valor.

Los términos emergencia y emergentismo con el significado que nos ocupa, comenzaron a utilizarse a finales del siglo XIX

Al tratar el tema, el filósofo inglés John Stuart Mill, establece dos clases de leyes naturales. Llama leyes homopáticas a aquellas en las cuales las causas se suman para producir un efecto, como por ejemplo las fuerzas que se suman para producir una resultante. El resultado, el todo es igual a la suma de las partes. Y denomina heteropáticas a aquellas en las cuales el efecto es algo mas que la suma mecánica de las partes. Al respecto se maneja el concepto de holismo que asevera que al integrarse elementos en

un sistema, el todo es algo más que su suma mecánica. Las propiedades que aparecen en el sistema no las presentaban los componentes por separado. Un ejemplo es una reacción química como la de los elementos cloro y sodio para dar cloruro de sodio (sal común). Ni el cloro ni el sodio por separado tienen las propiedades de la sal común. Se evidencia la emergencia, el Emergentismo lo explica. En la imagen que mostramos de la “catedral” de termitas, tenemos una elocuente manifestación del Emergentismo. La configuración y demás propiedades de la “catedral” no pueden reducirse a la suma de propiedades de las termitas por separado.

Gran fuerza toma el Emergentismo (muy relacionado con la teoría de la evolución emergente) en las dos primeras décadas del siglo XX. La emergencia aparece también como condición definitoria del concepto de estructura según Piaget y Lévi-Strauss. En el concepto de estructura se fundamenta la corriente filosófica, metodológica, del estructuralismo.

La mente se presenta como propiedad emergente en el sistema neuronal, ninguna neurona aislada piensa. Al constituirse en sistema dos protones y dos neutrones surge la partícula alfa. Un proton o un neutrón separado del sistema no evidencia las propiedades de la partícula alfa. El llamado *team work* de un equipo deportivo surge como propiedad emergente que *no se evidencia* en cada miembro del conjunto. Hemos dicho *no se evidencia* en vez de “no presenta” o “no tiene” cada miembro por separado, para referirnos a que en esta diferencia de expresiones y sus significados, basan los reduccionistas sus objeciones al Emergentismo. Aducen los reduccionistas que el no observarse las propiedades del sistema en los elementos aislados, no indica que no las posean, indica solamente la ignorancia de métodos para observar su existencia. Así, en el caso de las propiedades termostáticas de los tejidos vivos que no se evidencian en las moléculas aisladas, se debe según el Reduccionismo al desconocimiento de un método de observación adecuado al caso.

Con un ejemplo tomado de la físico-química, la oxidación del hierro, podemos analizar la diferencia entre los métodos emergentistas y reduccionistas. La formación del óxido ferroso FeO , podrían interpretarlo los defensores del emergentismo, aduciendo que sus propiedades surgen al combinarse el catión ferroso Fe^{+2} y el anión O^{-2} , sin que esas propiedades puedan explicarse por la de los iones componentes aisladamente. En este caso no resulta válida la interpretación emergentista y si la reduccionista al

argumentar razonablemente que aisladamente el catión ferroso por tener dos electrones para ceder se combinará con un anión como el oxígeno que necesita dos electrones para completar su última capa. De modo que en este caso el emergentista aplicó su teoría soslayando el proceso electromagnético involucrado en una combinación química. Ante lo que acabamos de exponer pensamos que la ciencia ha de tomar una actitud pragmática ante la disyuntiva de cual de las dos metodologías que tratamos, debemos aplicar, adoptando casuísticamente aquella que mas se adecue.

No sólo para la interpretación de fenómenos y objetos naturales, esgrimen emergentistas y reduccionistas argumentos opuestos, también explican de acuerdo a sus criterios, el orden de fundamentación de una ciencia natural en otra, el cual, como veremos, da lugar a secuencias en sentidos contrarios. De acuerdo al Emergentismo la biología surge como emergencia de la química y ésta de la física, argumentando que las propiedades del átomo en física, emergen al constituirse un sistema de partículas subatómicas, propiedades que no pueden reducirse a las propiedades de dichas partículas. Lo mismo puede decirse de las propiedades químicas de la molécula que emergen de la combinación de átomos sin que puedan explicarse por las propiedades individuales de éstos, y por último las propiedades biológicas de la célula emergen de la interacción entre las moléculas componentes las cuales por separado en nada evidencian lo vivo. El Reduccionismo, consecuente con su teoría, trata de explicar las propiedades físicas del átomo por las de los electrones, protones, etc. las químicas de la molécula, por las de los átomos y las biológicas de la célula por las de las moléculas. La interpretación emergentista se va presentando como la mas apropiada, sin embargo, la prevalencia del Emergentismo, experimenta una disminución en la década de los años 30 del siglo XX, tomando fuerza momentáneamente, la corriente reduccionista, debido en gran parte a la posibilidad de explicar propiedades del átomo mediante el estudio del comportamiento de sus micropartículas componentes, facilitado por el advenimiento de la Mecánica Cuántica, y por otra parte al desarrollo de la Biología Molecular permitiendo la explicación de esenciales procesos biológicos por la química y la física de las moléculas.

En los años finales del pasado siglo XX, toman fuerza de nuevo las corrientes filosóficas y metodológicas en las que el concepto de propiedades emergentes aparece como fundamental. Es así que cobran importancia las teorías que conforman la Ciencia de la Complejidad como son la del Caos y la de la Termodinámica del No Equilibrio. El Emergentismo permanece presente en disciplinas que privilegian el concepto de estructura siguiendo a los ya citados Piaget y Lévi-Strauss, y lo vemos aplicarse en Sociología y en Lingüística, en esta última apoyando la aserción de Ferdinand de Saussure que presenta el *habla* como propiedad emergente evidenciada al constituirse los elementos de la *lengua* en sistema.

Para concluir nos parece oportuno insistir en nuestro ya esbozado criterio de que quienes se ocupan en temas de la ciencia ya sea ésta natural o humanística, no deben absolutizar la adopción de una corriente filosófica o metodológica para desarrollar su labor, sino adoptar la que su raciocinio le indique como más adecuada. Así se servirán pragmática y casuísticamente del Emergentismo, del Reduccionismo o de cualquiera otra corriente o metodología, sin preocuparse por la etiqueta que quieran asignarles.

ACERCA DE LA FENOMENOLOGÍA DE HUSSERL

Una de las corrientes filosóficas contemporáneas más estudiadas y discutidas en foros académicos y profesionales, es sin dudas la Fenomenología expuesta y defendida por Edmundo Husserl en la primera mitad del pasado siglo XX y aún vigente en el interés de los estudiosos.

Comenzaremos por una cita de Jacques Derrida el cual con un magistral uso de la síntesis, nos adelanta la tesis central de la Fenomenología: “La filosofía de Husserl es el verdadero positivismo que vuelve a las cosas mismas y desaparece ante las originalidades”. Se verá el fundamental significado que revisten las palabras *cosas mismas* y *desaparece* en la tesis husserliana., pues en efecto la Fenomenología busca captar los objetos (las

cosas mismas) como son dados **directamente** a la conciencia por la experiencia sin implicarse en la conceptualización y pone entre paréntesis (en el decir de Husserl), el pensar filosófico o sea el raciocinio positivista no husserliano el cual *desaparece* en la búsqueda fenomenológica que Husserl propone. El observador se propone como un ente pasivo que se suspende (epojé) se abstiene de ir mas allá del acto de captar en la conciencia, de tender hacia un objeto, acción que en Fenomenología se denomina *Intencionalidad* (concepto que Husserl toma de Franz Brentano que fue profesor suyo). Toda conciencia es siempre conciencia de algo. La presencia de un objeto en la conciencia implica que ese algo está presente en ella aunque tal presencia no se conceptualice. A ese acto de captación directa del objeto sin posterior conceptualización, le llama Husserl, *Reducción Eidética*.

En un medular artículo por Derrida sobre la Fenomenología, éste llama *Génesis* a lo dado directamente a la conciencia, y *Estructura* a la conceptualización que seguiría pero que Husserl suprime en su proposición de *Reducción Eidética*. Se refiere en su artículo Derrida al primer trabajo de Husserl titulado *Philosophie der Arithmetik*, señalando (Derrida, no Husserl) que en el establecimiento del concepto de número natural a partir de la teoría de los conjuntos de Cantor propuesto, la *Génesis* la constituyen los elementos del conjunto y la *Estructura*, la teoría del número natural que de la conceptualización de aquella deriva. Con la captación directa por la conciencia de la *Génesis*, termina, pudiéramos decir, la *Reducción Eidética* husserliana.

Conviene en este punto de nuestra exposición, detenernos a dar una idea del importante concepto de *Estructura* según los criterios de Claude Lévi-Strauss y Jan Paiget. La *Estructura* es un conjunto cuyos elementos independientemente de su naturaleza se relacionan de determinada forma entre si dando como producto de esto, elementos que también pertenecen al conjunto o sea constituyen un *grupo* tal como se entiende en Matemática. Además los elementos al conformar una *Estructura* manifiestan características que no presentaban aisladamente, en lo cual reconocemos lo que en Teoría de la Complejidad se describe como surgimiento de propiedades emergentes. El lector iniciado advertirá, que las conocidas estructuras matemáticas responden al concepto de *Estructura* el cual en el tema que nos ocupa, hemos visto Derrida identifica con lo que sería la

conceptualización la cual no incluye Husserl en su *Reducción Eidética*. En la conceptualización que conlleva a la Teoría del número natural, ésta se manifestaría como propiedad emergente al integrarse en *Estructura* los que aislados fueron los elementos sin significado de un conjunto.

La Fenomenología de Husserl ha influido en otras tendencias de pensamiento como el Existencialismo y la Teoría del Gestalt.

Antes de finalizar haremos referencia a una analogía que advertimos entre la Fenomenología de Edmundo Husserl y la filosofía del Budismo Zen. Específicamente entre la *Reducción Eidética* y lo que en el Budismo Zen se presenta como *Meditación en Posición Sentada*. Según leemos en el libro “Antología Zen” de Thomas Cleary, “La armonización con la sabiduría inefable intrínseca a todo el mundo **antes de implicarse en el pensamiento y la conceptualización** se le llama meditación en posición sentada”, (El subrayado es nuestro). Mas adelante en el mismo libro aparece una genial imagen de lo que en Husserl sería la acción de suspensión después de la captación directa del objeto por la conciencia: “La meditación intensiva zen debe ser como [de] un mudo que tiene un sueño”. Aunque no hemos encontrado nada sobre esto en la literatura consultada, pensamos que quizás mas que una analogía, haya una influencia de Budismo Zen en Edmundo Husserl a cuya filosofía creemos haber logrado un simplificado y sin pretensiones acercamiento.

Bibliografía

Abbagnano, N. Historia de la Filosofía.

Derrida, J. Génesis y Estructura.

<http://www.jacquesderrida.com.ar/textos/husserl.htm>

Cleary, T. Antología Zen.

LA TESIS LÓGICA DE KARL POPPER

Introducción

Los métodos de la Lógica desde su formalización por Aristóteles han sido instrumento de razonamiento de una manera o de otra por las diferentes vertientes del quehacer intelectual.

Es en las ciencias exactas y principalmente en la Matemática donde se hace más presente el razonamiento lógico no sólo mediante la formalización desarrollada en la Lógica Matemática, sino en el uso de los procesos de enunciación y deducción matemáticos.

Desarrollo

La Lógica, ya sea la Lógica Formal o la Lógica Matemática, sistemáticamente o no, está presente en las ciencias exactas como indispensable instrumento de razonamiento, tanto en la actividad investigativa como expositiva,

Las diferentes corrientes filosóficas hacen distinto uso de los cánones de la lógica, lo cual es uno de los aspectos principales que permite distinguirlas.

Me referiré a la tesis lógica que sustentó el filósofo británico de origen austríaco Karl Popper conocida como principio de falsacionismo, variante no muy conocida del positivismo.

Según esta tesis, las predicciones de las teorías científicas deben ser definidas de tal modo que se puedan refutar empíricamente. Leída por primera vez y sin analizar detenidamente lo que expresa esta tesis, eso de que lo que se pida a una teoría sea que se pueda refutar, suena a contrasentido o disparate, Pero no, lo que sustenta la tesis falsacionista de Karl Popper, es que en el enunciado o exposición de la teoría, debe puntualizarse de que manera puede ser refutada. Se refiere a enunciados de teorías que sin faltar a la lógica en la exposición, definen objetos a los que adjudican propiedades sobrenaturales que no hay manera sensata de refutar. Otras teorías muy serias e interesantes, que presentan una lógica interna libre de contradicciones, como es el caso la Teoría de los Universos Paralelos de Hugh Everett, según el criterio popperiano no es científica pues no hay forma empírica de refutarla. La tesis falsacionista rechaza por no científica la difundida definición de materia en la que se afirma que "La materia es (...) eterna en el tiempo e infinita en el espacio". No científica

porque ¿cómo se refuta algo como la existencia de ese ente tan especial?. Sin embargo predicciones “arriesgadas” sobre todo las de índole económica, como las que aparecen en la teoría de J.N. Keynes, sustentada sobre ecuaciones como la del consumo: $C=c_0+cI$ donde c_0 consumo autónomo, c propensión al consumo, I ingresos, no obstante lo fácil que puede refutarse si empíricamente falla, precisamente por eso, al poder ser sometida a falsación, es científica según Popper. Claro está que la posibilidad de refutación empírica no basta para calificar como científica la proposición de una tesis, ésta debe exhibir las ya mencionadas lógica interna y no contradicción, condiciones que reúne la Teoría de Keynes; la antes vista ecuación deriva de la ecuación diferencial que define a la propensión al consumo: $dC/dI=c$ con la condición inicial de que para $I=0$, $C=c_0$.

Consideraciones similares a las que hemos hecho sobre la teoría keynesiana, pueden realizarse a las de pronósticos basadas en estadísticas, tales como las referentes a fenómenos meteorológicos y resultados electorales.

Popper presenta como más válida su tesis falsacionista, que la tesis verificativa que sustentan las otras vertientes positivistas, pues, dice el filósofo británico, se pueden obtener cientos, millares de verificaciones de una teoría pero basta una prueba de no cumplimiento para que la teoría pierda su validez. Esto es, se puede calificar una teoría de verificable con multitud de casos positivos, pero esto no garantiza dice Popper, su científicidad si la misma teoría no ofrece aunque implícitamente, la forma de refutarla.

En una de las tantas expresiones que conocemos de Einstein, se cuenta que en cierta ocasión le dijeron al sabio que había decenas de pruebas que hacían creer que su teoría era errónea. A lo que Einstein contestó: “¿Decenas?, a mí me hubiera bastado con una sola”.

La teoría de Einstein, no sólo cumple con el requisito popperiano de permitir la refutabilidad, sino que es un portento de lógica, de belleza, en fin una de las más perfectas obras de la mente humana desde que ésta comenzó a manifestarse.

Conclusiones

Hemos mostrado de la manera mas elemental posible la esencia de la tesis falsacionista de Karl Popper y la hemos presentado como ejemplo de su aplicación para calificar de científica a una teoría como la de Keynes , la cual no obstante su carácter de predicción y por tanto refutable empíricamente, precisamente por eso, muestra su cientificidad.

Bibliografía

Larson, R, , H.Robert, 2005. Calculus, Houghton Mifflin Company. Boston.
Zill. D. 2005. Differential Equations. Thomson. Brooks/Cole. Belmont.

ARMONÍA EN LA MÚSICA Y EN LA CIENCIA

Tanto en la música como en la ciencia encontramos la armonía. La armonía universal tantas veces citada cuando se habla de la razón, de la lógica que rige los procesos naturales, la advertimos de similar forma tanto en una melodiosa sucesión de acordes musicales, como en la aparición una tras otra de las etapas de un amanecer. La fe de los científicos en la armonía universal, les permite esperar con certeza que el amanecer que hoy observaron, de igual forma se producirá mañana y todos los demás días. Un amanecer distinto sería un milagro y los científicos no creen en milagros.

Refiriéndose a lo armonía universal el matemático y filósofo francés Henri Poincare escribió en su libro “El valor de la ciencia” lo siguiente:”Los hombres piden a sus dioses que prueben su existencia con milagros, mas la eterna maravilla es que no haya incesantemente milagros. Por eso, continúa Poincare, el mundo es divino, puesto que por eso es armonioso”.

Es armonioso decimos nosotros porque las leyes físicas que hoy lo rigen en determinado lugar son las mismas que regirán dentro de siglos y en la mas alejada galaxia. Así como a la música la hace armoniosa el regirse por los cánones de los acordes consonantes, las leyes de la naturaleza siguen también cánones que como los de una obra musical son expresables en el lenguaje de la matemática. A veces cambia la forma de la expresión matemática que regula la ley, pero la armonía de ésta permanece. Así se

tiene, que la atracción gravitatoria universal se expresó por la fórmula de Newton en un principio, hoy lo es por las ecuaciones de Einstein, pero la realización es la misma en la naturaleza que es donde reside la armonía universal la cual, según expresó Poincare, es la única realidad objetiva.

El sometimiento a la matematización de la música, análoga a la de la ciencia, es uno de los factores que la hace armoniosa. Es así que el filósofo alemán del siglo XVII Leibniz escribió: “La música es la alegría inconsciente del alma que calcula sin saberlo”. Y también :”La música es la imitación de la armonía universal incluida por Dios en el mundo”. Todavía sobre el tema, el escritor ruso Boris Kuznesov dice en su obra “Einstein, Vida, Muerte , Inmortalidad” refiriéndose a la música de Mozart, que en una nota, en un acorde, se encuentra la encarnación de la totalidad de la obra. Vemos aquí de nuevo en la música, la matemática y por ende la armonía universal, pues esto de la totalidad reflejada en cada parte es característica definitoria de entes matemáticos llamados fractales.

Pero hablando de matematización y de la obra de Mozart, de ninguna manera vayamos a pensar que la música de este genial compositor debe su excelencia a un frío sometimiento a rígidos cánones racionales, no Mozart es un compositor romántico. El romanticismo en arte se caracteriza por llenar de vida, de subjetividad, lo geométrico del arte clásico caracterizado por no apartarse del concepto abstracto, del canon heredado de la Grecia Antigua. Y esta vitalidad romántica, esta subjetividad se refleja de manera brillante en la obra mozartiana.

La música y la ciencia como exponentes de la armonía universal, se manifiestan por doquier. Ya he narrado en este espacio, que estaba presente en una clase de Física del profesor Gran en la Universidad de la Habana, cuando éste al terminar de explicar las ecuaciones de Maxwell, famosas por su elegancia, dijo: “Al comprenderlas,¿no escuchan como una música?”. Los que en esa ocasión escuchamos con Gran la música de las ecuaciones de Maxwell, tenemos la suerte de oír algo semejante ante un bello producto de la razón. Y nos parece -guardando las enormes distancias-estar en una situación como la de Salieri escuchando mentalmente una obra de Mozart en aquel recordado filme Amadeus.

¿ES LA HISTORIA UNA CIENCIA?

Para caracterizar una disciplina intelectual como ciencia se necesita previamente indagar sobre que se entiende por ciencia sin pretender una definición, intento que por lo general no conduce a resultado satisfactorio.

La palabra ciencia proviene del latín *scientia* que significa conocimiento. De modo que podemos considerar que el principal objetivo de la ciencia es obtener conocimiento. Para ello se sigue el llamado Método Científico el cual consiste esencialmente en dar una serie de pasos de investigación regidos por un previo diseño debidamente estructurado.

Vamos viendo que hacer ciencia consiste esencialmente en investigar en lo que concierne a lo que se entiende por ciencia *pura*, de cuyos hallazgos se sirve la ciencia *aplicada*

Lo visto, nos va dando argumentos para poder considerar la Historia como ciencia. El historiador para su quehacer, basa su trabajo en la investigación. La palabra historia viene del griego *istorein* que precisamente quiere decir investigación. En Historia al igual que en toda ciencia, para el tratamiento de determinado tema se comienza con una investigación. Se buscan, seleccionan y valoran las fuentes documentales a partir de las cuales, después de un minucioso análisis, en el cual empleará los métodos lógicos de inducción, deducción e intuición, el historiador elaborará hipótesis

con las cuales según su criterio propondrá explicaciones, causas, implicaciones, del hecho que se estudia. La aparición de nuevos documentos podrán o bien reforzar la posible credibilidad de la hipótesis, o bien su refutación. Al llegar a este punto, debemos poner atención a algo muy importante en el análisis de la científicidad o no de una hipótesis o teoría. La aparición de nuevos documentos que refuercen la posible credibilidad, por muchas que sean las nuevas aparentes confirmaciones, no determinan la veracidad de la hipótesis, sin embargo bastará una que la refute para mostrar su invalidez. A esto que acabamos de exponer se refiere la célebre tesis de la falsación del filósofo vienés Karl Popper, según la cual para que una hipótesis o teoría clasifique como científica debe ofrecer explícita o implícitamente una forma factible de falsarla (refutarla). Una enorme cantidad de aparentes confirmaciones no eliminan la posibilidad de que alguna vez aparezca una refutación, y esta sola refutación (falsación) bastará para invalidarla. Así que según Popper cualquiera de las hipótesis sobre el lugar de desembarco de Colón en Cuba, por Bariay o por Puerto Padre. las dos son científicas, aunque las dos sean falsas, porque las dos son refutables con la aparición de un documento que así lo haga. Por lo tanto, como por los métodos de las Historia es posible elaborar hipótesis como las del ejemplo Bariay- Puerto Padre, que por refutables según Popper son científicas: la Historia es una ciencia.

Siguiendo a Popper, la condición de falsación es imprescindible para considerar como científica una tesis, pero no es el único requisito que se exige para alcanzar el calificativo de científica, para esto es necesario además presentar lógica interna y no contradicción.

Una tesis que planteara, por ejemplo que Colón arribó a Cuba por algún lugar, por muchos argumentos que exponga, aunque presenten lógica interna y no sean contradictorios, no será

catalogable como científica según Popper, por no ser falsable a no ser que se demuestre que Colón no estuvo en Cuba o que nació en ese archipiélago.

Respecto al tema que nos ocupa suele recurrirse a una frase de Einstein con la que respondió cuando alguien le preguntó; “¿Sabe usted que hay diez pruebas de que su Teoría es falsa?”, a lo que contestó: “¿Diez?, a mi me hubiera bastado con una sólo”.

Con lo expuesto en este trabajo esperamos haber presentado criterios que permitan llegar a conclusiones sobre la cientificidad de la Historia.

EL PAPEL DEL OBSERVADOR Y LA REALIDAD

Resumen

Se presenta lo esencial de la llamada Interpretación de Copenhagen sobre la Mecánica Cuántica, realizándose un análisis crítico de la misma. Son tenidos en cuenta los criterios sobre el contexto de personalidades como Einstein, Heisenberg, Wigner, Hawking y otros, tanto en contra como a favor de tan controvertida tesis.

A partir de que el físico danés Niels Bohr en 1927 emitiera sus criterios acerca del alcance epistemológico de la Mecánica Cuántica, la comunidad científica acuñó la denominación de Interpretación de Copenhagen para el tema en cuestión.

Los seguidores junto con Bohr de la interpretación que nos ocupa, Heisenberg, Born, Dirac, von Neumann, sostenían y epígonos contemporáneos sostienen, que un ente cualquiera sólo adquiere realidad si es observado, esto es, la Interpretación de Copenhagen estipula la necesidad de un observador, natural o instrumental, para que la realidad se materialice. En términos de la matemática de la Mecánica Cuántica, la existencia de un objeto o un hecho sólo se hace efectiva al ocurrir la reducción de la función de onda.

Al respecto Eugene Wigner ha comentado que “el objetivo de la Mecánica Cuántica no es describir cierta “realidad” cualquiera que sea lo que signifique, si no observaciones y correlaciones estadísticas entre éstas, lo cual no niega que exista un mundo fuera de nosotros cualquiera que sea lo que esto signifique. En nuestra opinión, esta postura de Wigner, que pudiéramos catalogar de positivismo moderado es aceptable como contrapartida al radicalismo de Copenhagen. Creemos que lo sensato sería pensar que parece existir la realidad pero que de ésta sólo tenemos aparentes manifestaciones accesibles a observadores naturales o instrumentales. El desarrollo de la ciencia ha propiciado que la

interpretación acertada de esas observaciones confirmen hechos previstos mediante el raciocinio y plasmados en hipótesis que posibilitan las investigaciones.

Pensamos que en la negación de la realidad por el positivismo extremo, sus adherentes más bien exponen ese argumento con intención un tanto infantil de llamar la atención o de lo que en términos periodísticos se presenta como afán sensacionalista, cuando intimamente piensan la realidad como vimos la piensa Wigner. No creemos que en la pregunta de Hawking: ¿la realidad? ¿qué cosa es eso?, esté defendiendo en serio un cuasi-solipsismo.

Basadas en el papel del observador que otorgan los de Copenhagen, han surgido interesantes especulaciones como las del experimento ideal conocido como Gato de Schroedinger y la teoría de los Universos Paralelos de Hugh Everett. En el experimento ideado por Schroedinger, un gato es encerrado vivo en un recinto que no permite ver lo que dentro de él ocurre. Adentro se ha dispuesto un mecanismo que pasado un tiempo tiene 50% de activar la salida de un gas letal capaz de matar al gato (afortunadamente nunca se ha llevado a la práctica). De modo que pasado el tiempo necesario el gato tiene 50% de probabilidad tanto de estar vivo como de estar muerto y sólo se sabrá la realidad de su estado cuando se abra la caja, esto es, cuando ocurra la observación, la reducción de la función de onda. Mientras tanto dicen los seguidores de Bohr, el gato se encontrará en un estado de superposición vivo-muerto.

Según la Teoría de los Universos Paralelos de Everett, si se le refiere al experimento ideal antes descrito, al abrirse la caja y hacerse la observación inmediatamente ocurre una bifurcación de universos idénticos pero incomunicados entre sí. En uno de ellos el observador ve al gato vivo y en otro un doble de él lo verá muerto.

En contrapartida al experimento del Gato de Schroedinger, Einstein se valió de otro para rebatirlo. Alegó que si estamos ante dos cajas cerradas en una de las cuales (no sabemos cual) hay una bola, antes de abrirlas se tiene un 50% de probabilidad de que esté digamos, en la primera, al abrirla sabremos la certeza. Pero la *realidad* todo el tiempo es que había una bola en una de ellas. Lo incompleto de la Mecánica Cuántica se presenta cuando nos habla del estado de superposición está-no está en una de las cajas.

La Interpretación de Copenhagen es una aplicación radical del positivismo al modo de Ernst Mach. Recordar la tenaz oposición de Mach y sus fanáticos seguidores a la teoría molecular de Boltzmann, repitiendo incidiosamente por quien había visto una molécula. Tal saña opositora por parte de los positivistas, condujeron a Boltzmann, en pleno estado depresivo a quitarse la vida. Poco después su tesis molecular fue comprobada al estudiarse el movimiento browniano.

El positivismo radical de Mach y de sus seguidores al no aceptar la realidad de lo que no se percibe, impidió o al menos atrasó, el desarrollo de teorías como la molecular de Boltzmann. En vez de adoptar un positivismo como el que declara Stephen Hawking en nuestros días basado en no detenerse a negar la realidad si no en sustentar hipótesis con la cuales poder establecer regularidades y correlaciones que permitan investigaciones exista o no esa realidad, Qué hubiera pasado si ante el descubrimiento teórico de la condición ondulatoria de toda partícula con una longitud de onda $\lambda = h/mv$, por Louis de Broglie, al no ser detectadas en partículas de gran masa, hubieran negado la realidad de tal hecho. Einstein quien alguna vez atendió las opiniones de Mach, en definitiva no se avino con la filosofía positivista y por ende con la Interpretación de Copenhagen. En una ocasión refiriéndose a lo que el llamó escepticismo de Mach, expresó que si bien algunas veces es útil para rechazar conceptos superfluos, el escepticismo no aporta mucha ayuda a la construcción de nuevas teorías.

Sobre el enfrentamiento del autor de las Teorías de la Relatividad a la Interpretación de Copenhagen volveremos más adelante.

Una adhesión un tanto exagerada al positivismo la observamos en algunos aspectos de la teoría de las cuerdas cuando en ésta se argumenta, que las rugosidades que se presentan en el “tejido” del espacio-tiempo debido por efecto de las fluctuaciones cuánticas no previstas en la Teoría General de la Relatividad, pueden ser ignoradas por las cuerdas ya que éstas, por sus dimensiones, no detectan las rugosidades de dimensiones sub-planckianas. Esto es, que coincidiendo con los de Copenhagen, si no se observa un objeto, éste no existe.

Uno de los más consecuentes seguidores de Bohr en la defensa de la tesis central de la Interpretación de Copenhagen lo fue sin dudas Werner Heisenberg, autor del fundamental para la Mecánica Cuántica, Principio de Indeterminación, según el cual no es posible a la vez determinar la posición y el momentum de una partícula. De manera que siguiendo el criterio de Copenhagen, posición y momentum de una partícula no poseen realidad a la vez. De ninguna manera el Principio de Indeterminación es una muestra del radicalismo positivista; hasta ahora mantiene su vigencia y credibilidad. Mas, en lo que si no hay consenso es en tomarlo para argumentar la no existencia de la realidad.

Lo que si es innegable es el duro golpe que el Principio de Heisenberg propinó al estricto causalismo de la física clásica, hecho que nunca aceptó Einstein. “Dios no juega los dados” dijo, y en otra ocasión refiriéndose a cuando Heisenberg propuso en Gotingen su principio de incertidumbre. expresó “Heisenberg puso un gran huevo cuántico, en Gotingen se lo creyeron, yo no”.

Ante aseveraciones como la de Heisenberg al decir que nadie ha observado a un electrón orbitando al núcleo atómico, agregando que ninguna buena teoría puede basarse en lo no observable, Einstein respondió: ¿ Usted seriamente cree que no puede aparecer una magnitud no observable en una teoría?

La opinión de Einstein de que el carácter indeterminista de la Mecánica Cuántica no se aviene con lo que se ha pensado tradicionalmente de lo que es científico, la sostuvo hasta su fallecimiento con la esperanza de lo que algunos hubiéramos deseado: que surgiera un elemento teórico el cual mostrara la reafirmación del determinismo, que apareciera un detalle que nadie había tomado en cuenta que mostrara que la causalidad clásica permanecía incólume. Que ocurriera algo que una vez nos diera la idea de una especie de fábula en la cual alguien en un jardín observó que en el suelo se movían una hojitas sin aparente causa. El observador creyó ver algo inusitado, cuando en ese momento alguien llegó con los espejuelos que había olvidado. Se los puso y vió la explicación. que sin espejuelos no podía: una pequeñísimas hormiguitas cargaban la hojas en su movimiento. No somos pocos a los que nos alegraría la aparición en el ámbito cuántico de unos espejuelos como los de la fábula.

En su activa oposición a la Mecánica Cuántica, Einstein con la colaboración de Boris Podolsky y Nathan Rosen, publicaron en la tercera década del pasado siglo XX, un artículo en el que describían un experimento con el cual se proponían poner de manifiesto que la teoría en cuestión era incompleta. En el experimento dos partículas previamente en contacto a las cuales la Mecánica Cuántica les exige tener espines opuestos, en un momento dado se separan y llegan a puntos muy alejados entre si. Un observador al detectar la dirección del espín de una de las partículas, sabe inmediatamente dicha dirección en la otra sin afectarla para nada. De semejante manera, dicen los autores del experimento, que por las iniciales de sus apellidos es llamado EPR. por medidas en una partícula se puede medir la posición Q en la lejana y análogamente por medidas en la primera determinar el momentum P en la segunda, sin afectarla en ninguna de las dos ocasiones con ningún dispositivo de medición. De modo que, dicen los del EPR, tanto Q como P pueden considerarse elementos de la realidad, en contradicción con la Interpretación de Copenhagen aplicada a lo que estipula el Principio de Indeterminación. Desde los albores de la Mecánica Cuántica el sabio alemán discrepó de sus principios, la identidad de partículas alejadas no la aceptó alegando que la no coincidencia en el espacio suprimía la identidad. En esto parece coincidir con el filósofo alemán Leibniz con su principio de indiscernibilidad.

No obstante el peso crítico del EPR, y del debate que suscitó, de éste resultó vencedora la Mecánica Cuántica aunque sin acabar de convencer con los argumentos de positivismo radical de Copenhagen. El principal argumento contra la condición de localidad exigida por los de EPR, lo esgrimió Bohr aduciendo que en el experimento en cuestión no se presenta violación de la insuperabilidad de la velocidad de la luz, ya que las dos partículas al haber estado en contacto quedan “intrincadas” en un todo indivisible representado por la función de onda con lo cual no hay ninguna transmisión de señal prohibida por la teoría einsteiniana. Ante lo no muy convincente del argumento, han surgido hipótesis como la de las variables ocultas para tratar de explicar el “mecanismo” del estado “intrincado” surgido por el previo contacto entre las partículas.

La Paradoja EPR ha suscitado y sigue suscitando controversias. A partir de 1964 el físico irlandés John Bell dio a conocer al respecto sus teoremas con la llamada desigualdad de Bell. Con ésta se demuestra que una serie de teorías que pretenden completar la Mecánica Cuántica, las llamadas teorías locales de variables ocultas (variables clásicas mediante las cuales se pretende aplicar a la Mecánica Cuántica los cánones clásicos) son incompatibles con la teoría cuántica. En consecuencia, no es posible comprender la realidad cuántica de manera netamente clásica.

Veamos una idea sobre en que consiste la desigualdad de Bell. Consideraremos las orientaciones del espín, admitiendo la existencia de variables ocultas, no tomándolas en una sólo dirección sino sus proyecciones en tres direcciones a, b, c, las cuales no tienen que ser ortogonales. Consideremos la ejecución del experimento EPR fijándonos sólo en la partícula no afectada por medición directa.. Llamemos P_{ab} a la probabilidad de ocurrencia de la correlación de espín + en a y - en b. Si llamamos Θ_{ab} al ángulo entre las direcciones a y b, en vez de P_{ab} pondremos $P(\Theta_{ab})$. Igual criterio seguiremos para las correlaciones de espines en a y c y b y c.

Con estas notaciones la desigualdad de Bell se escribe así:

$$P(\Theta_{ab}) + P(\Theta_{bc}) \geq P(\Theta_{ac})$$

La Mecánica Cuántica muestra que para cualquier Θ , se cumple que $P(\Theta) = \frac{1}{2} \text{senoc cuadrado } \Theta/2$. Si puesta esta igualdad en la desigualdad de Bell, ésta se cumpliera, las teorías sustentadas en variables ocultas mostraría su validez, pero para una amplia gama de valores de Θ no se cumple, por tanto la desigualdad de Bell de esa manera muestra lo que pudiéramos llamar el triunfo de la Mecánica Cuántica al menos en esta batalla.

El aporte de Bell, al comprobarse la violación de la desigualdad, conjugado con las experiencias del físico francés Alain Aspect, indica que hay que apartarse, para algunos con tristeza que compartimos, de las condiciones que Einstein exigía de localidad y sentatez a cualquier teoría. A partir de las experiencias Bell-Aspect, se sugiere que nuestra racionalidad ha estado limitada por un prejuicio de universo mecánico (pero digerible, decimos nosotros), el cual ha concebido que los atributos cuánticos como la orientación del espín, son propiedades que se otorgan por separado a cada partícula que habiendo estado unidas se alejan, sino que es una propiedad compartida u holística para una nueva clase de objetos. y que esa propiedad compartida permite la correlación a la que se refiere el experimento EPR.

El físico norteamericano David Bohm ha intervenido significativamente en el debate alrededor del experimento EPR, con argumentos basados en su teoría de la totalidad cuya tesis central se aviene con la explicación de Copenhagen de la no separabilidad de las partículas EPR.

Como explica en su libro “Wholeness and the Implicate Order”, su principal argumento se traduce en considerar la naturaleza de la realidad como un *todo* coherente, nunca estático o completo pero en un interminable e infragmentable proceso de movimiento y desenvolvimiento. En el caso de las partículas en el experimento EPR, las partículas en todo momento permanecen perteneciendo sin fragmentación alguna al *todo* representado por una misma infragmentable función de onda..

Bohm considera que ambas partículas en todo momento son distintas *proyecciones* del *todo* constituido por su unión desde el inicio del experimento.

Este físico y también filósofo norteamericano, propone en el citado libro una modelación muy ingeniosa del experimento que nos ocupa y del cual hacemos la siguiente versión que consideramos más didáctica.

El sistema de las dos partículas unidas (según Bohm un *todo* infragmentable) lo representa una tablilla en una de cuyas caras se dibuja una flecha y en la otra cara otra flecha en dirección opuesta. Una cámara de televisión (cámara A) tomará vistas de una cara de la tablilla y la transmitirá por canal ATV. Otra cámara (cámara B) tomará vistas de la otra cara y las transmitirá por otro canal, el BTV el cual no tiene ninguna conexión con el primero. Un monitor captará las señales A y otra las B. El A observa una *proyección* del sistema (no una partícula separada) y el B otra *proyección* en el mismo instante no obstante estar muy distantes y sin ninguna conexión entre sí. La simulación EPR se va así obteniendo. Se seguirá obteniendo si se gira 180 grados mirando la cara A, se habrá invertido la flecha en la *proyección A*, y en correspondencia inmediatamente se invertirá en B, sin que haya paso de señal alguna de una a otra.

La categoría *proyección* es fundamental en la teoría de Bohm. Es lo que vemos como “separado” cuando según Bohm es sólo la imagen proyectada de la totalidad “real”.

La modelación descrita da una idea bastante aproximada no sólo del experimento EPR sino de la esencia de la Teoría de la Totalidad de David Bohm. de su criterio de pensar las cosas sin que medie fragmentación alguna ni siquiera entre lo observado y el observador.

Algunos ven en esto último cierta afiliación del físico norteamericano con la Interpretación de Copenhagen. Sin embargo nos parece advertir la no negación de la realidad en sus conclusiones.

Esto último lo advertimos al no negar la realidad de lo observado, como se evidencia al no negarle realidad a las variables que se mantienen en un nivel subcuántico como son las llamadas variables ocultas, aunque no se hayan detectado experimentalmente.

Según Bohm éstas actúan en un nivel subcuántico cuando al ser sometida a observación o medida directa con un dispositivo, una partícula EPR, durante un tiempo que permita el equilibrio entre partícula y dispositivo, se propicia cierta correlación entre sus parámetros que se mantendrá durante la separación.

No obstante el conjunto de aspectos de la teoría de la Mecánica Cuántica que quedan sin aclarar y sobre los que indiscutiblemente se necesita continuar reflexionando, investigando, es indudable que constituye un paradigma del pensamiento científico y que ateniéndonos al criterio más arriba expuesto de que resulta sensato pensar que existe una realidad fuera de nosotros aunque se nos escapa a la verificación como verdad definitiva, lo cierto es que como formidable hipótesis de trabajo cumple a plenitud su cometido de permitirnos ahondar en el conocimiento humano y por ende ayudarnos a crecer espiritual y materialmente.

La Mecánica Cuántica que irrumpió en el escenario científico en los primeros años del pasado siglo XX. Ya antes se puede hablar de Física Cuántica que surge en 1900 con los estudios de Max Planck sobre la radiación del cuerpo negro. La curva empírica de la distribución energética de dicha radiación en función de la frecuencia o de la longitud de onda necesitaba de una expresión matemática. Después de los intentos de Rayleigh-Jeans, Wien y otros, Planck logró una fórmula que implicaba el que la radiación se producía no continuamente sino a saltos de elementos que fueron llamados cuantos de energía $E = h\nu$ donde aparece la constante h de Planck que caracterizará las ecuaciones de la teoría Cuántica.

Paradójicamente, Albert Einstein le dio fundamental impulso a la teoría de los cuantos a los cuales, refiriéndolos a la luz se les llamó fotones.

Curiosamente por su trabajo sobre el efecto fotoeléctrico, emisión de electrones por incidencia en una superficie metálica de fotones de alta frecuencia (y por tanto alta energía), ganó el Premio Nobel, el cual nunca le fue otorgado por sus obras cumbres: las Teorías de la Relatividad. Sin embargo Einstein se opuso a gran parte del basamento teórico de una disciplina de la cual fue uno de sus precursores: la Mecánica Cuántica.

La Mecánica Cuántica junto con las teorías de Einstein constituyen los pilares sobre los cuales se asienta la Física Moderna.

Y con todas las objeciones que le hacemos a la Interpretación de Copenhagen, constituye hasta ahora el sustento teórico de la monumental Mecánica Cuántica.

Bibliografía

Daid Bohm. Wholeness and the Implicate Order.

Joaquín González y Rafael Avila. La Ciencia que Emerge con el Siglo.

Brian Greene. The Elegant Universe.

Stephen Hawking y Roger Penrose. The Nature of Space and Time.

Walter Isaacson. Einstein.

Sam Treiman. The Odd Quantum.

Autor

Joaquín González Álvarez.

Profesor Universitario de Física (R).

Autor de varios libros y múltiples artículos sobre ciencia.

Miembro de la Sociedad Cubana de Física con residencia en USA.

Autor

Joaquín González Álvarez.

Profesor Universitario de Física (R).

Autor de libros y artículos de su especialidad.

Miembro de Mérito de la Sociedad Cubana de Física radicado en USA.