

# LAS RELACIONES CAUSALES DE LA NATURALEZA Y DEL HOMBRE DESDE LA TEORÍA DE LA COMPLEJIDAD Y EL MONISMO DEL DOBLE ASPECTO

## Causal Relationships in the Nature and in the Man From the Theory of Complexity and Monism of Double Aspect

Ana Cecilia Vallejo Clavijo\*

Recibido: 14 de marzo de 2008 • Revisado: 28 de mayo de 2008 • Aceptado: 30 de mayo de 2008

### Resumen

Este artículo presenta los resultados correspondientes a la quinta etapa del proyecto de investigación denominado Ciencia y Espiritualidad. Tiene como propósito realizar un análisis acerca de las intrincadas relaciones causales presentes en la naturaleza y en el hombre a partir de una visión que intenta conciliar, de forma complementaria, dos teorías que a juicio de la autora de la investigación presentan continuidades y coincidencias importantes; estas son: 1. la teoría de la complejidad, en la que se explica, desde el pensamiento complejo, las relaciones causales presentes en la física cuántica, la teoría del caos y la biología, y 2. la teoría del monismo del doble aspecto. En esta teoría se presenta una comprensión unificada del hombre (mente-cerebro) y del universo, del cual forma parte físicamente. Esta comprensión del hombre va más allá de las experiencias particulares, pero incluye también su punto de vista subjetivo, *su* experiencia concreta.

### Palabras clave

Complejidad, Física cuántica, caos, sistema-entorno, monismo del doble aspecto, cerebro-mente, subjetividad-objetividad.

\* Docente del Departamento de Humanidades de la USTA. Licenciada en Filosofía y Humanismo USTA. Estudios de Doctorado en Filosofía Pura Pontificia Universidad Javeriana, Maestría en Docencia Universitaria USTA. Integrante del grupo de Investigación Ciencia y Espiritualidad, reconocido por Colciencias con categoría A. 2006.

## Abstract

This article presents the results of the fifth stage of the Project of Investigation called Science and Spirituality. Its purpose is analyzing the intricate relations in the nature and in the man from a theoretical vision, which tries to reconcile, in a complementary way, two theories that, from the point of view of the author, have important continuities and coincidences; they are: 1. the theory of complexity, where the causal relations present in the Quantum Physics, the Theory of Chaos and Biology are explained, and 2. the theory of monism of double aspect. In this theory is presented an unified comprehension about man (mind-brain) and the universe in where he is a part in a physical way. This comprehension of man goes further than particular experiences but includes the subjective point of view too, the concrete experience.

## Key words

Complexity, Quantum physics, chaos, system-environment, double aspect monism, brain-mind, subjectivity-objectivity.

## Introducción

Desde una reflexión acerca del avance general de las ciencias, algunos científicos y epistemólogos hoy en día han llegado a considerar cómo los intentos por concebir una mayor explicación y comprensión del sentido de las ciencias se han visto obstaculizados muchas veces, por la dificultad que se tiene de establecer relaciones entre las diferentes ciencias. Esta dificultad se debe, en parte, a la tendencia de algunos científicos por permanecer centrados de forma aislada en sus respectivas disciplinas de investigación, configurándose en la práctica un estudio fragmentado. Este proceder, todavía presente en nuestra época, puede ser atribuido en parte a la herencia dada por el espíritu positivista comtiano, en el que se privilegia la creciente especialización en el interior de cada una de las ciencias, al igual que la importancia de la clasificación y la especialización con respecto al proceso de investigación, desde la perspectiva comtiana: "Se debe comenzar por el estudio de los fenómenos más generales o más simples para continuar sucesivamente hasta los más particulares o complicados si queremos concebir la filosofía natural de un modo verdaderamente metódico" (Comte, 1979, p. 43). Polkinghorne –físico contemporáneo, de quien he tomado algunos aspectos generales sobre el desarrollo de la ciencia, para realizar el presente trabajo– realiza una crítica frente al reduccionismo radical que incorpora como

procedimiento científico el análisis de las entidades en sus partes constituyentes y en el cual la explicación de la realidad: "Radica exclusivamente en el nivel más elemental, mientras que los restantes niveles de la jerarquía de la complejidad no son sino complejos corolarios de los que se haya por debajo de ellos" (Polkinghorne, 2007, p. 26).

Frente a este intento por llegar a una mayor comprensión y sentido de la ciencias, en general, en el panorama actual, los investigadores se han visto abocados a tomar una actitud de apertura, comunicación e intercambio con respecto a las otras ciencias, hecho que facilita el desarrollo de una enriquecedora dinámica dialógica, permitiendo constatar el nivel de legitimación de las ciencias en los diferentes ámbitos del entorno, la vida y la experiencia humana. Por otra parte, esta dinámica hace posible identificar problemas contextualizándolos tanto desde el punto de vista global como local. Desde esta perspectiva holística y relacional de las ciencias, los diferentes niveles de estudio se solapan como lo podemos encontrar en el caso de la física y la química, en las cuales una simple célula viva tiene un carácter complejo que resultaría imposible explicar a partir una visión analítica, desde sus constituyentes. La actitud abierta de las ciencias posibilita, además, realizar transferencias de los problemas dentro de ellas, ya se trate de las ciencias naturales, sociales o humanas con la posibilidad de

generar soluciones innovadoras y creativas. El aporte reflexivo de la filosofía sobre las ciencias, sumado al intercambio abierto entre ellas, posibilita la exploración de las entramadas y complejas causalidades de la naturaleza y del hombre muchas veces ocultas. Desde esta perspectiva, se tiene presente que la empresa científica, técnica o cultural es una experiencia y producto humano, siendo el mismo hombre quien la protagoniza y orienta proyectivamente.

En el panorama actual de la filosofía y la ciencia se vienen debatiendo algunos problemas suscitados a partir del estudio mente-cerebro y el puesto del hombre (como unidad mente-cerebro) en el universo: dichos problemas generan polémicas y debates, al igual que irreconciliables posturas desde la ciencia y la filosofía; sin embargo, se dan por igual, enfoques epistemológicos alternativos que intentan establecer relaciones causales abiertas no atrapadas por el reduccionismo científico, y que destacan la singularidad de la naturaleza humana. Dentro de esta comprensión del hombre y el universo se encuentra la teoría del monismo del doble aspecto, planteada, entre otros, por T. Nagel, quien realiza una serie de reflexiones sobre la mente, teniendo en cuenta los estudios y experimentos realizados en neurociencia. En esta teoría se plantea, además, que cuando hablamos de lo físico éste debe ser comprendido más allá de lo que describe la física contemporánea. El concepto de lo físico se debe expandir hasta incluir los fenómenos mentales, y ser explicados desde la racionalidad asignándoseles un carácter objetivo. Nagel, destacando el problema de la objetividad y la subjetividad, considera que no llegaremos a vislumbrar una teoría eminentemente física de la mente, mientras no se haya trabajado más el problema de lo subjetivo y lo objetivo.

### **El nexa causal de la naturaleza y del hombre desde la perspectiva de la complejidad**

Los planteamientos, desde el punto de vista filosófico y científico sobre el universo, y el hombre, desde una perspectiva compleja, posibilitan la emergencia de

una forma específica y nueva de racionalidad en la que van implícitas una lógica de la complejidad, o nueva teoría de la racionalidad. En ella, se da relevancia al carácter interdisciplinar y no contradictorio de las ciencias experimentales que explican hechos y las ciencias humanas que tienen como problema la descripción del sentido. Igualmente, en este pensamiento se realiza el diálogo entre los avances realizados en el modelo matemático y la experiencia conceptual y práctica de algunas ciencias como la biología, la sociología, la economía, la demografía etc., que tratan de describir la sociedad humana en su complejidad.

Si acudimos a las explicaciones desde reduccionismo científico sobre la realidad de los fenómenos, encontramos que éstas aplican el principio lógico de causalidad lineal, en el cual, la causa es ajena y exterior al efecto; esto implica que si se tiene un conocimiento pleno y suficiente de la causa se puede determinar el efecto, o incluso, predecirlo con exactitud y precisión. Para la lógica actual, entendida desde el contexto de la complejidad, además del principio clásico de causalidad, ocurre otra modalidad, en la que una causa puede tener más de un efecto y varias o múltiples causas pueden producir un solo efecto. De acuerdo con Morin, esta nueva modalidad causal imposibilita determinar claramente la relación de causalidad en términos lineales, de ahí que se presenten diversos niveles:

1. En el que toda causa produce tales efectos (causalidad lineal),
2. En el que el efecto puede retroactuar o hacer disminuir las causas (causalidad retroactiva), y
3. En el que los efectos y las causas son necesarios para el proceso que los genera (causalidad recursiva) (Morin, 1990, p. 132).

Por otra parte, el pensamiento complejo mantiene una estrecha vinculación con la teoría de sistemas, y es allí donde se confirma la tesis de la “complejidad organizada”, que sólo se da través de la teoría de sistemas. La complejidad organizada significa complejidad con relaciones selectivas entre elementos, de manera que al establecerse y aumentar el número de elementos que se deben englobar en un sistema, se llega a un

punto en el que se hace imposible que cada elemento se relacione con todo lo demás, debido a limitaciones inmanentes a la capacidad de interconectarlos. Estos elementos aparecen como algo que se autocondiciona en los niveles superiores de la formación del sistema, quedando limitada su capacidad de autoconexión. Esta autorreferencia a la complejidad, según Luhmann, se “internaliza” como autorreferencia de los sistemas.

Si se parte de que cada hecho complejo se basa en la selección de las relaciones entre sus elementos que utiliza para constituirse y mantenerse, esta obligación a la selección y al condicionamiento de selecciones explica por qué se pueden originar sistemas muy distintos a partir de un nivel inferior de unidades diferentes, como el caso de los átomos o de organismos humanos parecidos; es en este sentido que la teoría de las relaciones complejas podría explicar la evolución. A partir de estos planteamientos, la teoría de la evolución sólo es posible si existe la suficiente complejidad de los entornos de los sistemas, lo que significa *coevolución* de sistemas y entornos. Una mayor complejidad en los sistemas aparece solamente cuando el entorno está estructurado selectivamente a su vez por sistemas en el entorno, quedando claro que la noción de complejidad entre entorno y sistema debe ser concebida como una relación de gradación. Dado el carácter predominante en la teoría de la complejidad de la interrelación de las partes y el todo, se hace necesario renunciar al concepto ontológico del elemento como unidad del ser más simple e indivisible, asumiendo que los elementos se constituyen siempre a través del sistema que los incluye y adquieren su unidad únicamente a partir de la complejidad de ese sistema. Por tal razón, según Luhmann, hay que renunciar a: “La suposición de una simetría ontológica de lo simple (lo invisible y por tanto indestructible) y lo complejo, (lo divisible, por tanto destructible)” (Luhmann, 1990, p. 67).

## Una nueva concepción “emergentista” donde el “más es diferente”

Desde la perspectiva compleja del universo en la que se incluye al hombre, la emergencia de lo nuevo requerirá la inclusión de una serie de categorías, de pensamiento, lenguaje y realidad en la que se configuran nuevos conceptos como: complexificación, recursividad, fluctuación, direccionalidad, irreversibilidad, estados de equilibrio, bucles de retroalimentación, sistemas dinámicos no lineales, caos, etc., muy relacionados con las ciencias biológicas, químicas y físicas. De acuerdo con L. Mena, en esta nueva elaboración de lenguajes se “instaura” un ámbito de la realidad, que al designarlo se hace presente de esta manera:

Estamos en presencia de conceptos de instauración: que hacen visible un fenómeno que sólo tiene presencia de realidad para el pensamiento por la fuerza representativa que arrastra este concepto. El concepto (auto-organización, por ejemplo) instaura un ámbito de la realidad porque al designarlo lo hace presente para el pensamiento (Lorite Mena, 1994, p. 27).

Frente al complicado panorama actual de explicaciones causales de la naturaleza y del hombre, resulta inapropiado, según Polkinghorne, denominar la “teoría del todo” desde una explicación basada en los elementos constituyentes, como tradicionalmente se venía haciendo. En las entidades complejas se presenta la emergencia de nuevas propiedades y es allí donde adquiere sentido el planteamiento el “mas” es “diferente”. El anterior planteamiento, abarca un espectro más amplio de conceptos y se avanza en una explicación más efectiva de las entidades complejas. Para ilustrarlo, Polkinghorne se refiere a la humedad del agua. En este hecho se establece que dicha propiedad no la posee una molécula aislada de H<sub>2</sub>O, sino que es un efecto emergente asociado a reajustes en la distribución de energía como consecuencia de aglutinación de un conjunto muy grande de moléculas de agua. De la misma manera, la noción de “emergencia” es estudiada por B. Russell en sus *Fundamentos de Filosofía*, al considerar el problema de la mente y el

cerebro desde el monismo del doble aspecto. A partir de este autor, aunque asume la mente como una estructura material, considera que posee: "Propiedades que ni siquiera teóricamente pueden inferirse de sus constituyentes materiales" (Russell, 1975, p. 596). A juicio de Russell, la mente tiene a menudo, propiedades y relaciones que en el estado presente no se pueden definir, de la misma forma como el H<sub>2</sub>O tiene propiedades que no se pueden inferir de las que posee el hidrógeno y el oxígeno, aún conociéndose la estructura de la molécula del H<sub>2</sub>O, más perfectamente de lo que conocemos hasta ahora. Para Russell, el concepto de propiedades "emergentes" designa, entonces, aquellas propiedades de un todo de las cuales no se puede inferir las relaciones de sus partes para aplicarlas a la mente, por tal razón, estas propiedades se pueden describir por observación de esa mente, pero no por inferencias derivadas de las leyes de la física y la química.

En este proceso de emergencia se puede dar lo que denomina la tensión superficial, (emergencia débil), que es la expresión macroscópica de las consecuencias de ese conjunto de interacciones moleculares microscópicas. En este fenómeno no parece intervenir ninguna propiedad de nueva índole más allá del efecto acumulativo de las fuerzas intermoleculares. Por el contrario, la emergencia fuerte corresponde a un caso en el que un nuevo principio causal (de una clase distintiva no presente en los niveles de complejidad inferiores) cobra actividad en un sistema complejo, para así determinar que el "más" sería radicalmente "diferente". El caso de la emergencia fuerte vendría dado, siempre y cuando ésta no sea una ilusión, aclara Polkinghorne;

Por la libertad que los humanos poseemos en cuanto sujetos agentes, así como por nuestra capacidad para actuar en el mundo y llevar a la práctica nuestras decisiones de tal manera que no se agote en la inmensamente complicada adición de las propiedades causales de las partículas elementales que componen nuestros cuerpos (Polkinghorne, 2007, p. 28).

La emergencia fuerte tendría que ver con la llamada libertad de indiferencia, en la que una persona realizaría elecciones entre posibilidades genuinamente abiertas.

### **El nexa causal de la naturaleza y algunos problemas epistemológicos desde la física cuántica**

Como se sabe, en la actualidad podemos hacer referencia a varios tipos de física: la clásica fundada por Newton, y modificada parcialmente por los grandes descubrimientos de Einstein, la teoría de la relatividad especial y general, y la física cuántica. Para la física newtoniana, la imagen del mundo fáctico es nítida, determinista y causalista. En sus reflexiones sobre la física, Newton plantea algunas reglas que deben ser tenidas en cuenta cuando se estudian los fenómenos; una de ellas, sería: "No se debe para las cosas naturales admitir más causas que las verdaderas y suficientes para explicar sus fenómenos, por tanto debemos asignar tanto como sea posible a los mismos efectos las mismas causas" (Newton, 1987, p. 460). Queda claro que desde el pensamiento newtoniano, el funcionamiento perfecto de esta física se viene a expresar de forma matemática a través de las ecuaciones diferenciales, que justamente especifican cómo varían con el tiempo ciertas cantidades físicas directamente observables, como son la posición y el estado de movimiento. Estas cantidades son mensurables en un alto grado de precisión, de ahí que se establezca que: si se da un conjunto preciso y bien definido de condiciones iniciales, las ecuaciones empleadas arrojarán una única solución.

Esta propiedad matemática fue configurando la imagen de que el mundo físico se comportaba de una manera regular, controlable, predecible y fiable. Para Newton, el universo viene a ser una gran máquina hecha por un creador donde: "Todo se encuentra gobernado, regido, y forzado por una voluntad absolutamente eficaz. Es ese rasgo de las cosas en general lo que delata un ente divino" (Newton, 1987, p. 1).

## Indeterminismo, incertidumbre y probabilidad

Merced a los descubrimientos de mediados de la década del veinte, se empieza a desarrollar la nueva física cuántica, cuyo carácter difiere no poco de la física clásica. En la teoría cuántica, los fenómenos atómicos individuales no quedan determinados por las ecuaciones, éstas sólo pueden mostrar que las posibilidades forman una serie discreta, de ahí la necesidad de crear nuevas reglas para determinar con qué frecuencia se realizará cada posibilidad en un número grande de casos. Frente a este indeterminismo, Russell plantea "Hay razones para creer que esta ausencia de determinismo completo no obedece a un posible carácter incompleto de la teoría, sino que es una característica genuina de los fenómenos de pequeña escala" (Russell, 1983, p. 37). De acuerdo con lo anterior, lo que sucede en un átomo individual en circunstancias específicas es incierto, no sólo porque nuestro conocimiento es limitado, sino también porque no hay leyes físicas que brinden un resultado determinado.

Refiriéndose tanto a la limitación epistemológica como a los conceptos y leyes que son aplicables a ciertos dominios de la experiencia, Schrödinger hace la siguiente aclaración: "Es evidente que no podemos esperar que estos conceptos resulten apropiados para la descripción subsiguiente de nuevos dominios de la experiencia. Solamente en este sentido limitado puede considerarse que los conceptos de la física cuántica son definitivos" (Schrödinger, 1985, p. 32).

El diáfano conocimiento de las condiciones iniciales presupuesto por la física clásica resulta en realidad inalcanzable para la física cuántica, ya que el mundo físico que describe es intrínsecamente difuso. Esta escala de incertidumbre viene establecida por la constante de Planck, denotada por  $h$ , constante fundamental de la naturaleza, cuyo valor es extremadamente pequeño en comparación con las magnitudes cotidianas.

Durante los últimos años en que ha transcurrido esta teoría, la opinión que predomina en los físicos

cuánticos es que no existe la posibilidad de dar afirmaciones con certeza absoluta, y que la única tarea "segura" consiste en predecir resultados mediante ecuaciones; desde este punto de vista, se sostiene además, que a nivel cuántico todo se halla sumergido en un mar de probabilidades. Para Einstein, el hecho de que tengamos que contentarnos con una imagen incompleta del universo físico en la ciencia "No es debido a la naturaleza del universo sino más bien a nosotros mismos" (Einstein, 1994, p. 12). La razón de este indeterminismo se le puede atribuir a dos factores: uno es el indeterminismo intrínseco a nivel subatómico, el otro, la ignorancia en todos los detalles relevantes de las circunstancias en consideración. Sin embargo, es importante establecer que a pesar de que la seguridad presentada en los fenómenos es estadística, sigue siendo determinista en aquéllos en los que intervienen grandes cantidades de átomos.

Algunos físicos establecen que este indeterminismo está asociado a la incertidumbre o probabilidad del resultado que arroja, por ejemplo, en el lanzamiento de un dado; este hecho puede depender de detalles precisos y hasta cierto punto desconocidos durante el proceso del lanzamiento, más que a factores asociados al capricho o azar. Este carácter probabilístico en la física ha sido interpretado de dos formas distintas: en el primer caso, encontramos a N. Bohr, quien considera que la probabilidad cuántica es una propiedad intrínseca de la realidad, de suerte que el principio de incertidumbre de Heisenberg es entendido como un principio de indeterminación real.

Por otra parte, se da la interpretación alternativa derivada de D. Bohm, para quien el dinamismo subyacente es por entero determinista, aunque el resultado concreto que arroja depende de ciertos factores ("denominados variables ocultas") a los que los físicos experimentales no tienen acceso epistemológico preciso. Según este último planteamiento, el principio de incertidumbre se limita a ser un principio de ignorancia y su significado es más bien epistemológico que ontológico.

Polkinghorne nos hace ver cómo la diferencia planteada entre Bohr y Bohm: “No se puede realizar sobre la base empírica, puesto que ambas interpretaciones arrojan idénticas predicciones experimentales, por consiguiente la decisión. Hay que tomarla por razones que yacen fuera de la propia ciencia empírica” (Polkinghorne, 2007, p. 31). Se encuentra además, que los criterios que se utilizan para dar validez a esta teoría no son propiamente científicos, y pueden tener relación más significativa con otros factores ajenos como podrían ser la economía, la elegancia y la ausencia de la artificialidad. Este hecho nos lleva a considerar que en algunos casos las cuestiones relativas a la causalidad no pueden ser tratadas sobre una base estrictamente científica y requieren de actos de evaluación que van más allá de la física. El propio Planck nos muestra el inalcanzable esfuerzo del hombre por llegar a un dominio del conocimiento, convirtiéndose éste en: “Algo metafísico, y como tal siempre se halla más allá de nuestras conquistas” (Planck, 1994, p. 98)

### **Inmaterialidad, elusividad: onda-partícula**

Al problema del indeterminismo, la incertidumbre y la probabilidad referida a la física cuántica se le suma el de la inmaterialidad de la materia. Tradicionalmente, ésta era considerada como un fenómeno observable, fuente de información a partir de nuestros sentidos, siendo estudiada como algo concreto, compuesta de partículas separadas, perfectamente ubicable en el espacio y en el tiempo, en contraste con la consideración que hace la física cuántica de esta materia, es donde es “menos materialista y concreta”. Es en este sentido que Schrödinger, al analizar las partículas que componen esta materia, establece que no son autónomas ni van a ser consideradas en su mismidad. Por tal razón, el concepto tradicional que se tiene sobre identidad en la nueva física carece de sentido, en parte porque cuando se analiza y observa un comportamiento en dos momentos X y Y, la observación ya ha cambiado. Para Schrödinger: “Es la forma o hechura (en alemán Gestalt) la que determina su identidad, que sin lugar

a dudas no es su contenido material” (Schrödinger, 1985, p. 32).

La cuestión se viene a complicar aún más cuando se comprueba (experimento de Schrödinger) que a nivel subatómico la descripción de un fotón, por ejemplo, se puede hacer igualmente como partículas sólidas semejantes a diminutas bolas de billar o también como ondas parecidas a las ondulaciones en la superficie del mar. Desde esta perspectiva, se viene a determinar que lo básico para la física cuántica lo constituye la dualidad misma. Igualmente, el principio de permanencia de la onda, tampoco va a tener realidad física, dado que representa nuestro conocimiento del comportamiento corpuscular que se disuelve en un sistema de ecuaciones, perdiendo su individualidad en el curso del tiempo. Se podría determinar, entonces, que en este momento su existencia se da en potencia, por fuera de los instantes en los que se manifiesta nuestra observación.

Frente al problema de la dualidad a nivel subatómico se presenta como solución el postulado fundamental de la física cuántica: el principio de complementación, donde se afirma, que la manera de describir el ser, ya sea como onda o como partícula, una complementa la otra y sólo así se obtiene un cuadro total, es decir, cuando se la trata como un paquete onda-partícula. En realidad, no se trata de contradicciones plantea Bohr, sino más bien de concepciones complementarias. Tanto el estudio de las ondas como el de las partículas es fundamental y cada una de ellas son formas en que las que la materia puede manifestarse. Ningún estado es completo por sí solo, y ambos son necesarios para tener una explicación sobre la realidad. Esto quiere decir que el nexo insoluble entre el espacio dinámico y el aspecto del espacio temporal del fenómeno microfísico se manifiesta en la “complementariedad”, entre las dos representaciones que se pueden hacer: una ondulatoria y otra corpuscular.

Igualmente y partiendo de la noción de corpúsculo introducida por Einstein y la de onda de materia, por Broglie, este último ve la necesidad de introducir su

“teoría de la doble solución” en la que se afirma como todo corpúsculo ya sea elemento de la materia, o fotón de la luz, constituye una especie de singularidad en el seno de una onda extensa a la cual se halla incorporado y guía su movimiento en la medida en que es solidario a esa onda. Esta imagen así obtenida fue satisfactoria para Broglie, ya que se representaba de una manera clara y precisa la unión de las ondas y de los corpúsculos en la física de escala atómica, para este físico: “La onda continua de la mecánica ondulatoria es una onda ficticia que representa de una manera estadística las diversas posibilidades de localización del corpúsculo.” (Broglie, 1962, p. 319). En otras palabras, se hizo necesaria una teoría que incluyera la unión entre la onda y el corpúsculo en la realidad de la física profunda, de ahí el nombre de “doble solución”.

El inconveniente de tal realidad surge a la hora de analizar su comportamiento en su totalidad o simultáneamente, como se expresó anteriormente, a partir de Heisenberg, dado que las descripciones de onda o de partícula son excluyentes en sí mismas, sólo una de ellas se encuentra accesible en un momento dado, (esto es, o bien podemos medir la posición exacta de un electrón, o su momento de impulso), determinar ambos estados a la vez se torna imposible; lo más que podemos esperar es una confusa lectura de la posición (partícula) o del movimiento (onda), de esta manera la elusividad vino a convertirse en uno de los mayores problemas de la física cuántica.

### Superposición–simultaneidad

Una de las diferencias radicales en la comprensión entre la física cuántica y la física clásica es que la primera viene dada por el contraintuitivo principio de que se permite sumar (en sentido bien definido) estados que la física clásica y el sentido común califican de absolutamente incompatibles, por ejemplo, para el pensamiento cuántico, una entidad como un electrón puede hallarse en un estado que es mezcla de “estar aquí” y “estar allá”, este rasgo fundamental del pensamiento cuántico se denomina el “principio de superposición”.

Así tenemos, que cuando se realiza una medida de la posición sobre este inimaginable estado, hay una determinada probabilidad de encontrar el electrón en tal lugar, y otra determinada probabilidad de encontrarlo en un lugar diferente. Es importante aclarar aquí que cuando se lleva a la práctica esta medición ocurre una intervención de índole clásica del aparato de medida sobre la entidad cuántica.

Esta dificultad epistemológica presentada en el proceso de simultaneidad la podemos asociar con la discontinuidad. Mientras que para los físicos clásicos newtonianos el universo era imaginado como un mecanismo gigante, cuyo resorte se conocía, algo muy diferente ocurre en la física cuántica, descrita como la física de “brincos”. En ella, los estados de energía pueden hacer su transición de un estado menor a uno superior o de uno superior a uno inferior, no existiendo una continuidad lógica de sucesos en sentido clásico, según Schrödinger, cuando se observa una partícula de cierto tipo, por ejemplo un electrón en tal instante y en tal lugar esto debe ser mirado en principio como un suceso aislado:

Si aquí y ahora observo una partícula y en un momento después observo otra similar en un lugar cercano a la de la primera; no sólo no puedo estar seguro de que sea la misma sino que no tendrá sentido afirmarlo (Schrödinger, 1985, p. 38).

Al darse esta medición, en cada ocasión concreta se obtendrá una respuesta precisa, aunque ésta no sea la misma cada vez que se repita el experimento (en este punto entra en juego la probabilidad) y aunque la teoría cuántica nos permite calcular con exactitud las frecuencias relativas a tales resultados, no explica por qué ahora se obtiene tal respuesta y luego otra. En últimas, la cuestión sigue sin ser resuelta después de ochenta años de exitosa explicación de la física cuántica. Sobre este aspecto, Polkinghorne plantea:

No existe ninguna manera universalmente aceptada de explicar cómo el desconcertante mundo cuántico y el fiable mundo clásico se hallan vinculados entre sí a través del puente de la medida. Aquí acontece una transición de nivel dentro de la física que, hasta la fe-

cha, desafía nuestra capacidad explicativa. Sabemos como hacer las sumas, pero no entendemos cómo funciona el proceso. (Polkinghorne, 2007, p. 36).

## Relación sujeto-objeto

En este caso, el problema planteado por la física cuántica ya no se refiere tanto a la naturaleza del objeto, sino a la presencia de la mente humana o la conciencia y su implicación en el objeto de estudio. Esta dificultad es advertida claramente en el hecho de que si bien formamos parte de la naturaleza misma, igualmente aprendemos de ella de forma objetiva. En la física actual, según Schrödinger, "La influencia física directa entre ambos se considera mutua. Desde esta perspectiva se afirma que se da una impresión inevitable e incontrolable del sujeto sobre el objeto" (Schrödinger 1958, p. 124). A lo anterior se agrega que somos nosotros mismos los que modificamos el objeto, debido a los instrumentos de medida que establecemos para someterlo a comprobación, en este sentido: "El mundo me viene de una vez no hay el mundo que existe y el que es percibido. El sujeto y el objeto son solamente uno. No existen barreras entre ambos" (Schrödinger, 1958, p. 125). De igual manera, Heisenberg coincide en la apreciación de que a nivel cuántico no podemos tener ninguna información factual sobre determinado objeto natural sin entrar en contacto con él y afectarlo. Este contacto constituiría una interacción física real con el comportamiento de lo estudiado; en otras palabras, el objeto queda intervenido por el hecho de ser observado, planteamiento que es ilustrado por Schrödinger en su famoso ejemplo del gato cuántico.

Frente al problema de la medida finalmente podemos determinar que las ecuaciones de la física cuántica difieren de las de la física clásica en que no son lineales. Esto significa que cuando hemos descubierto el efecto de una causa y luego de otra, no podemos hallar el efecto conjunto sumando los dos efectos separados. Para ilustrar lo anterior nos podemos valer del ejemplo planteado por Russell, en el que expresa:

Supongamos que colocamos una pantalla con una pequeña hendidura y se bombardea con partículas, algunas de ellas atraviesan la hendidura, si se cierra la primera hendidura y se hace una segunda, entonces algunas partículas atravesarían la segunda hendidura. Luego se abren las hendiduras al mismo tiempo. Cabría pensar que el número de partículas que atraviesan ambas hendiduras sería la suma de las cantidades anteriores, pero resulta que no es así. La conducta de las partículas en una hendidura parece estar afectada por la existencia de la otra. Aunque las ecuaciones predicen ese resultado, no por ello, el hecho deja de ser sorprendente. En la mecánica cuántica hay menos interdependencia de las causas que en la física clásica, lo cual afecta mucho la dificultad de los cálculos (Russell, 1985, p. 39).

Tratando de resumir algunas posturas que se presentan frente al problema de la medida determinaremos las más representativas, De acuerdo con Polkinghorne:

1 La aparición de un resultado definitivo es un efecto del comportamiento irreducible de los grandes y complejos sistemas que llevan a cabo la medición (este planteamiento suele ser conocido como (nueva) interpretación de Copenhague); (2) La causa de tal fenómeno es alguna forma especulativa de la nueva física (que hasta la fecha no ha sido descubierta); (3) La intervención de la conciencia humana induce un resultado determinado (4) Todo lo que puede suceder sucede en la práctica, pero en los dispares mundos de un prolífico multiuniverso afloran resultados diferentes; (5) Todo depende de los valores de variables ocultas como las postuladas por Bohm; (6) La física cuántica se refiere a conjuntos estadísticos, no a sucesos individuales; de modo que lo que ocurre [...] ocurre y punto (Polkinghorne, 2007, p. 36).

## En últimas, ¿qué es lo real con respecto al materialismo?

Frente al problema de la ontología del materialismo, o concepto de la realidad en la física clásica, en el cual las partículas son consideradas como estructuras objetivamente reales, a la manera de la masa puntual de la mecánica newtoniana, surge el interrogante hecho

por Heissenberg: ¿qué es lo real? La respuesta choca con una primera dificultad, que consiste en querer determinar como “reales” a las ondas en el espacio de la configuración, teniendo en cuenta que este espacio es abstracto. En otras palabras, el problema radica en el hecho de que se tiende a considerar la palabra real como cosa, y las cosas existen en un espacio ordinario de tres dimensiones y no en un espacio de configuración abstracto. Sin duda, este problema se agudiza aún mas con la utilización del lenguaje ordinario que termina por imponerse. Para Heissenberg, el lenguaje ordinario, a pesar de presentar imprecisión en lo que respecta a la definición de términos, resulta ser, sin embargo, de una solidez mayor que los precisos conceptos del lenguaje científico, que proceden de la idealización de un solo grupo limitado de fenómenos. Para este físico:

Los conceptos del lenguaje ordinario se han formado en inmediato contacto con el mundo y representan la realidad, los conceptos científicos son idealizaciones, que se han derivado de experiencias realizadas con ayuda de instrumentos más perfectos y están definidos con precisión por medio de axiomas” (Heissenberg, 1963, p. 131).

En este proceso de idealización conceptual y matemática sobre los hechos, se presenta una desventaja, debido a que se pierde el contacto con la realidad y los conceptos no se ajustan totalmente a aquella realidad parcial que había constituido el objeto de investigación.

A partir de los trabajos y resultados de Bohr y Schrödinger, se presentó además, la urgente necesidad de utilizar con precisión los aparatos de medición para analizar los fenómenos, teniendo presente que estos aparatos se comportan de manera clásica. Bohr se empieza a preocupar por tratar lo que ocurre en el mundo y lo que se puede afirmar sobre los experimentos con electrones, no en lo que éstos sean en realidad, en sí mismos considerados. Sobre este asunto Polkinghorne, se refiere a la carta que escribió Bohr a un amigo en el que afirma:

No existe ningún mundo cuántico. Lo único que hay es la descripción cuántica abstracta. Es erróneo pensar que la tarea de la física consista en descubrir cómo es la naturaleza. A la física sólo le interesa que es lo que puede decirse de ella (Polkinghorne, 2007, p. 33).

Bohr parece dividir el mundo en dos partes: el que corresponde al ámbito accesible de los aparatos clásicos de medición y el inaccesible de las entidades cuánticas. Sin embargo, se hace necesario concebir ambos ámbitos como inextricablemente vinculados en una relación mutua; a este ámbito Bohr lo denomina “fenómeno”. Para Polkinghorne esta imagen cuasidualistas no puede ser correcta, dado que los fiables instrumentos que se emplean en el laboratorio se componen ellos mismos de constituyentes cuánticos, por tanto, no hay dos ámbitos distintos de la realidad, sino que en último término, no existe más que un único mundo físico. Una manera alternativa de pensar contraria a este dualismo consiste en suponer, según éste autor, que: “Los sistemas manifiestan un comportamiento más y más clásico a medida que se hacen ‘grandes’, de modo que, conforme crece la escala relevante de acontecimientos, el mundo difuso gana en claridad, y las probabilidades se aproximan a las certezas” (Polkinghorne, 2007, p. 30)

### **La construcción de una nueva formulación científica sobre la naturaleza a partir de la teoría del caos propuesta por Prigogine**

Al tratar de establecer los nexos causales de la naturaleza desde el punto de vista de la teoría de la complejidad, propuesta por Prigogine, destacaremos un problema epistemológico que tiene que ver con la certeza en el conocimiento. Desde este autor, lo posible viene a constituirse en lo que tiene más riqueza, y el universo que nos rodea debe ser entendido a partir de lo posible, en este sentido, el camino de la posibilidad debe constituirse en una estructura primordial. Cuando la naturaleza se representa únicamente a través de la abstracción física matemática, hay un impedimento para otorgar un sentido a la noción

de creatividad, que debe ser “el principio de toda novedad”. Según Prigogine, a pesar de que uno de los grandes proyectos del pensamiento occidental ha sido entender la naturaleza, el entenderla no implica necesariamente que hallamos podido controlarla, porque: lo real no puede ser rigurosamente “controlado”. Para Prigogine, en el nivel estadístico, la inestabilidad puede ser incorporada como una ley fundamental, de forma que la naturaleza adquiere una nueva significación, en la cual ya no se trata de certidumbres sino de posibilidades que afirman el devenir, no el ser de movimientos regulares caóticos, que puede ser muy cercano al que imaginaban los atomistas griegos.

### La irreversibilidad

En la teoría de la complejidad de Prigogine se destacan los procesos irreversibles presentes en la química y la física (relacionados con la segunda ley de termodinámica), y su papel constructivo en los procesos de autoorganización. Prigogine parte de que los fenómenos presentes a nuestro alrededor han sido explicados a partir de leyes deterministas y reversibles (que corresponden a casos simples, casi excepcionales) en ellos, el pasado y el futuro desempeñan el mismo papel y la ley es invariable con respecto a la inversión, es decir, si por ejemplo, si conocemos las condiciones iniciales de un sistema su estado en un instante determinado, podemos calcular todos los instantes siguientes así como todos los estados anteriores. En este caso, y según Prigogine, las leyes de la naturaleza enunciadas por esta física newtoniana representan un conocimiento ideal que garantiza certidumbre dado que: “La naturaleza se presenta como una autómeta que podemos controlar, por lo menos en principio, por ello la novedad, la elección, la actividad espontánea son sólo apariencias relativas al punto de vista humano” (Prigogine, 1997, p. 19). Sin embargo, se encuentra que en los diferentes niveles de la cosmología, biología o la sociedad, se halla presente el carácter evolutivo de la realidad. El problema radicaría entonces, en cómo entender ese carácter evolutivo en el marco de las leyes de la física tradicional. Para dar respuesta a este problema, se ve

la necesidad de acudir a la construcción de una nueva formulación de las leyes de la física que incorporen la dimensión evolutiva.

Hacia finales del siglo XIX, el matemático Henri Poincaré cayó en cuenta de que la teoría newtoniana no era tan directamente predecible, a pesar de que existen muchos sistemas clásicos deterministas en la cotidianidad. De la misma manera Prigogine empieza a percibir limitaciones de orden epistemológico. Su crítica incluye tanto la mecánica newtoniana (dado que sus conceptos están fundados en trayectorias individuales) como también las funciones de onda de la mecánica cuántica, propuesta por Schrödinger, debido a que la mecánica cuántica:

Describe de manera perfectamente determinista como evoluciona en el tiempo la ecuación de onda de cualquier sistema, y en forma independiente hay un conjunto de principios que nos dicen como utilizar la función de onda para calcular las probabilidades de los distintos resultados posibles producidas por nuestras mediciones (Prigogine, 1997, p. 19).

Por el contrario, en los casos no deterministas los resultados que se presentan están condicionados, o son más sensibles, a los más minúsculos detalles de las condiciones iniciales que se les imponen, es decir, la más mínima variación de las condiciones iniciales alteran por completo el comportamiento estable en el futuro. Los estados de inestabilidad considerados por la nueva teoría de la complejidad llevan necesariamente a una formulación más creativa que incorporan en su explicación aspectos diferentes como son: la irreversibilidad, el azar, la incertidumbre y el caos. En estas explicaciones, se destaca el papel constructivo de la irreversibilidad y la tendencia hacia la autoorganización vinculada al distanciamiento del equilibrio. Según Prigogine, para esta nueva explicación, se debe tener en cuenta el indeterminismo y la simetría del tiempo, así como no incluir estas particulares en la física: “Nos llevaría a formulaciones de leyes incompletas” (Prigogine, 1997, p. 22). Un ejemplo de irreversibilidad podríamos encontrarlo en la descomposición radiactiva o en la viscosidad que modela un movimiento

de un fluido; ambos procesos poseen una dirección privilegiada en relación con el tiempo

Desde la teoría de la complejidad, la flecha del tiempo en la física o en la química desempeña un papel esencial en la formación de estructuras. Una sustancia radioactiva, por ejemplo, preparada en el pasado desaparece en el futuro, y la viscosidad modera el movimiento hacia el futuro. Estos procesos vienen a contrastar con los reversibles, presentes, por ejemplo, en el movimiento de un péndulo (ideal) sin fricción, en el que no podemos distinguir el pasado del futuro. Para Prigogine: “Los procesos macroscópicos como las reacciones químicas, al igual que la irradiación solar resulta de procesos irreversibles; ninguna descripción de la ecosfera sería posible sin innumerables procesos irreversibles” (Prigogine, 1997, p. 26). Los sistemas biológicos, en los que se forman los procesos complejos con eficiencia precisión y velocidad, son un buen ejemplo de los sistemas de autoorganización. Finalmente es importante tener presente que el concepto de entropía dio lugar a la distinción entre procesos reversibles e irreversibles:

Que se asocia al segundo principio de la termodinámica y en los que se enuncian dos principios: la energía del universo es constante, y la entropía del universo crece al máximo, este aumento de entropía incluye la dirección hacia el futuro en el nivel local o en el universo. (Prigogine, 1997, p. 26).

## La teoría del caos

En Prigogine la interrelación del orden y el desorden es una condición necesaria para la emergencia creadora de la novedad, que irrumpe en los regímenes que se identifican como situados en la “frontera del caos”. Cuando la distancia a la frontera es demasiado grande por el lado del orden, los procesos son demasiado rígidos para que se pueda dar algo más que una inerte reorganización de las entidades ya existentes. Por el contrario, si la distancia a la frontera es demasiado grande por el lado del desorden, los procesos son demasiado aleatorios para permitir la persistencia de las novedades que han aflorado. Para Polkinghorne

la evolución biológica ofrece un ejemplo de este principio, dado que:

Sin un cierto grado de mutación genética la vida quedaría congelada en el espectro de formas ya existente y si la tasa de mutaciones fuera demasiado elevada, no habría especies cuasi-estables sobre las que pudiera ejercerse la selección natural (Polkinghorne, 2007, p. 45).

Como se había expresado anteriormente, en todos los niveles de la física y de las demás ciencias, se confirma la experiencia de la temporalidad, debido a que vivimos en un universo en evolución. Frente a este panorama, el objetivo sería entonces, descifrar el mensaje y determinar el significado de los términos inestabilidad, determinismo y no integrabilidad.

Para Prigogine, la construcción de una nueva formulación científica que trascienda las formulaciones usuales de la mecánica clásica o cuántica requiere de dos condiciones, por una parte: 1. La existencia de las resonancias de Poincaré, es decir, acoplamientos incesantemente activos entre diferentes opciones de movimiento que impiden elaborar una descripción clara y distinta que conducen a procesos nuevos de tipo difusivo incorporados en la descripción dinámica en el nivel estadístico, y 2. La existencia de interacciones persistentes descritas por funciones de distribución deslocalizada, según este autor: “Estas dos condiciones permiten la definición de caos” (Prigogine, 1977, p. 175). Es importante aclarar que esta formulación científica, posibilita nuevas soluciones a las ecuaciones estadísticas asociadas a la dinámica, que no pueden ser expresadas por la física clásica (descripciones en términos de trayectorias) ni por la física cuántica (descripción de longitud de onda).

A pesar de todo lo anterior, la irreversibilidad se asocia no sólo a momentos de desorden, por el contrario, los desarrollos recientes de la física y la química del no equilibrio, muestran que la flecha del tiempo puede ser fuente de un orden. Para explicar lo anterior, Prigogine, hace referencia a cómo la difusión de las moléculas de hidrógeno y nitrógeno dentro de una

caja, evolucionan hacia una mezcla uniforme, pero si se calienta una parte de la mezcla y se enfría otra, el sistema evoluciona hacia un estado estacionario en el que la concentración de hidrógeno es más elevada en la parte caliente y la de nitrógeno en la parte fría. La entropía producida por el flujo de calor (fenómeno irreversible) destruye la homogeneidad de la mezcla. En este caso, se trata de un proceso generador de orden y que sería imposible sin el flujo de calor.

La irreversibilidad exige una extensión de la dinámica. Pero esta extensión no es cuestión de agregar nuevos términos a ella, obedece más bien a situaciones en las que cabe esperar una ruptura de la simetría en el tiempo; que corresponden a comportamientos dinámicos inestables y no a la aplicación de la mecánica que se hace a situaciones simples, como por ejemplo, el movimiento de la luna en la mecánica clásica o el átomo de hidrógeno en la mecánica cuántica; por otra parte, la irreversibilidad macroscópica es la expresión del carácter aleatorio a nivel microscópico. Según Prigogine mediante la extensión de la dinámica a los sistemas inestables y caóticos: "Se vuelve posible superar la contradicción entre las leyes reversibles de la dinámica y la descripción evolucionada asociada a la entropía" (Prigogine, 1977, p. 31).

### Sutiles complicaciones que la teoría del caos introduce en la teoría cuántica y limitaciones epistemológicas

Algunos físicos asumen conexiones entre la teoría del caos y la física cuántica con respecto al problema de la medida, asegurando que la medición cuántica es irreversible pues se define la flecha del tiempo antes de llevar a cabo la medición en la que reina la ignorancia y una vez realizada cuando ya se conoce el resultado. Polkinghorne, refiriéndose a la posibilidad de algún tipo de relación entre la física cuántica y la física del caos, establece que si se parte de que la irreversibilidad de los sistemas macroscópicos es la causa de que la medición sobre una entidad cuántica arroje un resultado específico ello: "Brindaría un ejemplo del flujo real de la influencia causal de lo grande a lo

pequeño (lo que a menudo se denomina 'causalidad descendente' (*top-down causality*)" (Polkinghorne, 2007, p. 44).

Como se explicó anteriormente, el comportamiento de un sistema caótico empieza a depender de ciertos detalles de su configuración inicial que requieren precisión, y es precisamente en este aspecto de la precisión, en que, según Polkinghorne, se podría establecer la posibilidad de combinar características cuánticas y clásicas, además se daría un proceso a través del cual: "las consecuencias de la indeterminación comúnmente atribuida a los fenómenos cuánticos podrían ser amplificadas en virtud de la dependencia caótica de los pequeños detalles originando (incluso en fenómenos macroscópicos) una generalizada apertura causal" (Polkinghorne, 2007, p. 40).

Sin embargo, esta idea aparece como muy problemática, dado que aspectos técnicos como la medición impiden que la mecánica cuántica y la teoría del caos encajen una con otra. Otro aspecto que habría que tener en cuenta, siguiendo a Polkinghorne, es la incompatibilidad que se presenta entre teorías que tienen una escala intrínseca, (teoría cuántica), y las que no la tienen (teoría del caos). Mientras que la mecánica clásica describe la dependencia temporal con ayuda de un conjunto discreto de diferentes frecuencias, la teoría del caos, por el contrario, no trabaja con frecuencias. "Los sistemas cuánticos manifiestan propiedades en ciclos temporales largos, algo que precisamente no ocurre en los sistemas caóticos, pues éstos son por naturaleza no periódicos" (Polkinghorne, 1997, p. 40).

Sobre este mismo problema, en el que se intenta establecer una comparación entre la física cuántica y la teoría del caos se ha tomado el término de "espacio de fases" –que se refiere a las divergentes propiedades de las estructuras geométricas generalizadas por las teorías. Si se aplica dicho término en el espacio de fases cuántico, se encuentra que éste comporta una estructura granular y está compuesto por un conjunto de difusas regiones de tamaño dado por  $h$ – ya anteriormente se ha hecho

referencia en la teoría cuántica, a la escala fijada por la constante de Planck. Por el contrario, la geometría del espacio de fases asociada a los sistemas caóticos es de naturaleza fractal, esto es, presenta esencialmente la misma apariencia a cualquier escala. Polkinghorne nos pone el ejemplo del conjunto de Mandelbrot en el cual: “Es por sí decirlo, siempre es igual a medida que se desciende” hasta las profundidades infinitesimales. No posee escala natural” (Polkinghorne, 1997, p. 41). En síntesis podríamos establecer, que la discrepancia entre el comportamiento sujeto a escala y el que no lo está ha impedido la unificación consistente del pensamiento cuántico y el pensamiento del caos con miras a formar una teoría de la “caología cuántica”. Por otra parte, el carácter fractal del caos es algo mucho más irregular.

Otro aspecto importante de resaltar es que las posibilidades que se van dando en el inicio del caos, generan bifurcaciones a medida que se abren más y más opciones al comportamiento futuro del sistema, en estas circunstancias, nunca cesa la diversificación, exigiendo generalizaciones que vayan más allá de las propiedades regulares asociadas a las “funciones integrales”. Los físicos explican estas complicaciones debido a la existencia de inestabilidades inducidas que se conocen con el nombre de “resonancias de Poincaré” (ya tratadas anteriormente). Esta entrelazada complejidad, desbarata la posibilidad de dar una descripción detallada del sistema en función de trayectorias singularizables obligando a acudir a una explicación puramente estadística del carácter de los sistemas no integrales. Siguiendo a Prigogine, es importante enfatizar que en los sistemas caóticos disipativos se da la presencia la del “atractor extraño” (“atractor” porque indica que el movimiento converge hacia él, y “extraño” porque se refiere al carácter fractal de su estructura en el espacio de fases) donde aparece un abanico de formas posibles.

Finalmente podemos hacer referencia dentro de la teoría de la complejidad, a una clase de sistemas al borde del caos: los sistemas físicos disipativos, que se

mantienen alejados del equilibrio térmico, debido al continuo intercambio de energía y entropía con sus entornos, a este tipo de sistemas pertenecen los seres vivos. En estos sistemas alejados del equilibrio, incluso pequeñas fluctuaciones son capaces de dar lugar a la aparición de asombrosas pautas de comportamiento dinámico a gran escala y a un novedoso e inesperado comportamiento en el que se puede ilustrar la idea en la cual el “mas” puede ser “diferente”, mencionada anteriormente.

### Los diferentes niveles de complejidad

Frente a esta emergencia de propiedades novedosas en los sistemas complejos, aparecen además, una jerarquía de niveles de complejidad que van desde las nociones de “causalidad descendente”, en el que el todo influye en el comportamiento de las partes, o de “supervivencia”, que van de un nivel superior sobre otro inferior. Refiriéndose Polkinghorne a los diferentes niveles de emergencia advierte que: “No seremos realmente capaces de hablar de emergencia fuerte a menos que resulte posible sostener que el nivel inferior no agota el espacio causal de la manobra” (Polkinghorne, 2007, p. 51). Debido a las limitaciones presentadas en los fenómenos impredecibles se puede llegar a establecer, que el nexo causal del mundo puede ser un asunto que necesariamente requiera de una apertura epistemológica que posibilite asumir otros principios causales adicionales más cercanos a la metafísica que a la física, es en este sentido que: “Las leyes de la física clásica exhiben de verdad el fenómeno del ‘caos determinista’ [...], el determinar qué es lo que este hecho revela acerca del nexo causal del mundo depende de una decisión *metafísica*. Y lo mismo puede decirse de la opción entre las interpretaciones rivales de la física cuántica propuesta por Bohr y Bohm” (Polkinghorne, 2007, p. 52). Queda claro entonces que los problemas y lagunas en la determinación y explicación del nexo causal del mundo físico desde las ciencias en general, ha generado controversias, debido que realmente la ciencia no tiene una respuesta que presente una transición suave y bien entendida de la incertidumbre

cuántica a la fiabilidad clásica, para Polkinghorne la impredecibilidad caótica puede ser interpretada como un indicio de la apertura ontológica.

En conclusión y centrándonos en el problema epistemológico, podríamos determinar que los científicos han ido evolucionado desde modelos deterministas hacia otros más flexibles que combinan determinismo e indeterminismo. Michel Mayer por su parte, nos hace ver cómo: "Las reglas de la ciencia contemporánea son en realidad de un formato muy distinto y las leyes deterministas constituyen un subconjunto limitado en sus aplicaciones y en su importancia". Igualmente, desde esta nueva visión, los comportamientos inmutables y predictivos descritos por la ciencia son reemplazados por el establecimiento de vínculos entre fenómenos, como podría ser la ley de la conservación de la energía, reglas que establecen límites como la de la velocidad de la luz, o definen tendencias como el aumento de la entropía. En esta posición epistemológica se destacan los límites del conocimiento, se encuentra que: a pesar de que la ciencia parece tener respuestas aproximadas y creencias posibles con diferentes grados de certeza, el hecho claro es que no se está seguro de nada, no existen certezas absolutas. Frente a este panorama contemporáneo de la ciencia, Feynman establece el siguiente planteamiento:

Hay muchas cosas de las que no sé nada, tales como preguntar si significa algo preguntar, por qué estamos aquí y que podría significar la pregunta" agrega luego: "No tengo qué conocer una respuesta, no me siento aterrorizado por no conocer las cosas, por estar perdido en un universo misterioso carente de propósito (Feynman, 2000, p. 31).

### **El nexa causal de la naturaleza y el hombre desde la evolución y la teoría de la complejidad**

Como se sabe, los planteamientos de Darwin llevaron a la consideración de que la mutabilidad del mundo natural obedecía a procesos evolutivos, cambios que se daban a partir de formas de organización

más simples de la materia hasta llegar a niveles más complejos capaces de desarrollar procesos de conservación y reproducción teniendo como resultado la emergencia del hombre humano. Dentro de la concepción neodarwinista aparece el medio ambiente como una realidad físico y biológicamente apropiada para la evolución de todas las especies, incluyendo la humana, al igual que el modo de interacción con ese medio ambiente y su selección teniendo en cuenta el grado de mejor adaptación. Sin embargo, es importante aclarar que las explicaciones que se dan sobre el origen del hombre a partir de formas previas de origen animal no nos llevan a determinar la naturaleza del hombre humano, en otras palabras, conocer el origen del hombre no da por sentado que conozcamos su naturaleza.

La obligación a la selección y al condicionamiento de selecciones, conlleva la aparición de sistemas diferentes desde de un nivel inferior, por ejemplo, a partir de átomos o de organismos humanos parecidos; en este sentido la evolución es explicada a partir de la teoría de las relaciones complejas. Por otra parte, la teoría de la evolución constituyó el aporte más significativo de la biología en la historia de las ideas, en parte, porque obligó a los científicos de esa época a refutar la imagen newtoniana del mundo mecánico, aceptando en cambio, el concepto de un sistema en continua evolución. Aunque se dieron intentos por explicar la teoría darwiniana (los mecanismos físicos y químicos de la herencia) a partir de la estructura cartesiana, sin embargo, esto no se logró, en parte, por el desconocimiento de la naturaleza biológica esencialmente compleja. La necesidad de orientar la investigación a un nuevo campo llevó al estudio de la herencia, a través del descubrimiento de la naturaleza física y química de los genes.

De esta manera, la explicación de los organismos vivientes como máquinas controladas por cadenas lineales de causa y efecto fue sustituida por la idea de que estos sistemas estaban compuestos por muchos niveles como son los genes, que a su vez están insertados en los cromosomas que funcionan dentro

de núcleos celulares, las células incorporadas a los tejidos y así sucesivamente. Según Luhmann, todos estos niveles comprenden una serie de interacciones que influyen en el desarrollo del organismo que tienen como resultado: "Un sinfín de variaciones del cariotipo genético en todas las manifestaciones de su complejidad" (Luhmann, 1990, p. 183). Sin embargo, a pesar de los avances adquiridos en el estudio de la estructura de los genes, no se logró dar respuesta a la manera como estos genes se comunican y cooperan en el desarrollo de un organismo, cómo son sus interacciones, cómo se agrupan, cuándo comienzan y cuándo dejan de actuar. A pesar de estas limitaciones epistemológicas, se llegó a establecer una diferencia, como se planteó anteriormente, entre máquina y organismos vivos mostrando cómo éstos últimos siguen un proceso cíclico de flujo de comunicación conocido como retroalimentación. Igualmente, se determinó que todos los organismos vivos, a fin de mantener su auto-organización, han de permanecer en un estado especial.

Con el propósito de mostrar la diferencia entre un sistema mecánico aislado y un organismo vivo, Miqueles nos pone el ejemplo del reloj: el mecanismo de relojería es un sistema relativamente aislado que necesita energía para poder funcionar, pero no necesita necesariamente interacción con su entorno. Como todo sistema aislado, seguirá funcionando. De acuerdo con la segunda ley de la termodinámica, pasando del orden al desorden hasta llegar a un estado de equilibrio en el que todos los procesos; el movimiento, el intercambio de calor, etc.; se detienen. Los organismos vivos, por el contrario, funcionan de forma totalmente diferente, debido a que trata de sistemas abiertos, significando con ello, que para seguir viviendo deben mantener un intercambio continuo entre energía y materia con su entorno. Este intercambio implica absorber estructuras orgánicas como alimentos, descomponerlos y usar parte de sus componentes para mantener o aumentar el orden del organismo. El metabolismo le permite al sistema permanecer en un estado de equilibrio, en el que siempre se "está trabajando".

Estos sistemas vivos "autoorganizadores" presentan, además, un aspecto que es la autorrenovación. Mientras una máquina se construye para fabricar determinado producto o tarea específica, y deja de funcionar cuando sus partes no funcionan, un organismo vivo, se ocupa principalmente de renovarse a sí mismo y todos los procesos se regulan de forma que conserva la estructura general del organismo. A pesar de la capacidad que presentan los seres vivos para conservarse y repararse. Sin embargo, ningún organismo complejo puede funcionar indefinidamente dado que en ellos se presenta un proceso gradual de envejecimiento, deterioro y muerte; como resultado las especies han desarrollado como mecanismo de supervivencia que son la reproducción sexual o asexual típica en los organismos vivos.

Según Miqueles, existen dos fenómenos dinámicos que se presentan en los organismos vivos y que inciden de forma definitoria en el despliegue de la complejidad: uno de ellos es el automantenimiento que incluye los procesos de autorrenovación, de curación, de homeostasis y de adaptación. El otro, el de autotransformación y de autotranscendencia, expresados en los procesos de aprendizaje, según este autor: "Esta trascendencia creativa en búsqueda de novedad, que con el tiempo lleva a un ordenado despliegue de complejidad, parece ser una propiedad fundamental de la vida, una característica básica del universo." (Miqueles, 1977, p. 187). Podríamos concluir, que para el pensamiento complejo se comprende la evolución cósmica, social, cultural y biológica desde el punto de vista de la dinámica de sistemas en los que se da una complementariedad básica entre adaptación y creación, la acción simultánea del azar y la necesidad, y la interacción entre macroevolución y microevolución.

### **Singularidad de la naturaleza humana y la liberación de la necesidad**

El proceso de evolución dado en la estructura cerebral de los homínidos, posibilitó franquear los límites de conocimiento circunscrito inicialmente hacia fines uti-

litarios, para llegar a niveles de experiencias asociadas con el desarrollo del pensamiento abstracto y racional. Este enriquecimiento a través de procesos evolutivos y que van más allá de lo meramente material, no podemos restringirlo únicamente a la noción de necesidad darwinista de supervivencia, dado que se presentó la emergencia de potencialidades y dimensiones de carácter racional, estético y religioso. En otras palabras, la contemplación asociada a la intelección y el deleite que produce el conocimiento vinieron a sustituir la mera supervivencia.

Desde esta perspectiva surge la inquietud por determinar la causa que origina la necesidad humana de explorar la naturaleza en ámbitos que traspasan la simple supervivencia y el interés utilitario, identificando al hombre humano como portador de procesos mentales más elevados. Polkinghorne nos muestra cómo el propio Darwin, en una carta a un amigo, expresa dudas acerca de su propia convicción de que la mente humana se halla desarrollado a partir de la mente de los animales inferiores expresando: "Me asalta la terrible duda de si las convicciones de la mente humana que se ha desarrollado a partir de la mente de los animales inferiores, tienen valor, si son dogmas de confianza" (Polkinghorne, 2007, p. 72).

Estos logros racionales que incluyen desde el desarrollo de la matemática hasta la teoría de la relatividad o la cuántica, requieren modos de pensamiento diferentes de los empleados para los asuntos cotidianos. Nangel muestra cómo el descubrimiento de la Teoría de la Relatividad de Einstein, entre otros grandes inventos, constituyó un enorme paso que fue más allá de la experiencia común en la que se:

Reemplazó la idea conocida de las relaciones temporales y espaciales no cualificadas entre hechos, cosas, y procesos por una concepción relativista según la cual los hechos no son simultáneos o sucesivos ni cualificadores, sino sólo con respecto a un marco de referencia (Nagel, 1996, p. 112).

Estos y muchos ejemplos más muestran la capacidad del hombre para exceder los límites de la situación

humana original, y elevarse a nuevos niveles. De la misma manera, según Nagel, estos actos de trascendencia hacen del hombre un ser cada vez más consciente de sus propias limitaciones y mucho de lo que damos por cierto y creamos ahora: "Se vendrá abajo con posteriores descubrimientos y teorías. Nos hallamos justo al inicio de nuestro viaje hacia afuera y es mínimo lo que se ha conseguido hasta el momento en forma de autocomprensión" (Nagel, 1996, p. 116).

### **La comprensión del hombre y su relación con el universo desde la teoría del monismo del doble aspecto**

Al tratar de explorar al hombre humano (en especial su componente mente-cuerpo) y su relación con el universo desde la teoría del monismo del doble aspecto, conviene aclarar que, si bien hasta el momento, se ha acudido a explicaciones desde la ciencia, no por ello, esta exploración pretende enmarcarse en un reduccionismo científico.

El monismo del doble aspecto en su comprensión sobre la mente y el cerebro pretende ir más allá de explicaciones reduccionistas, presentando una coincidencia y relación estrecha entre lo mental y lo material como dos aspectos complementarios de una única realidad, de ahí que no puede ocurrir un hecho mental sin que ocurra un cambio físico en el cuerpo. Por otra parte, desde esta teoría se establece además, que en los sistemas físicos y complejos generados biológicamente (de los cuales cada uno de nosotros constituye un ejemplo) existen abundantes propiedades no físicas. Sin embargo, debemos reconocer que nuestras ideas del mundo, sin importar el grado de complejidad, son producto de la interacción que se da entre pedazos del mundo, de formas que aún no entendemos muy bien. Para Nagel nuestro conocimiento es restringido: "Todo lo que llegamos a creer debe permanecer en suspenso dentro de una gran caverna de penumbra escéptica" (Nagel, 1996, p. 108).

Desde el monismo del doble aspecto, el hombre se constituye como parte de un mundo natural, pero

que a vez en su estructura causal es abierto, con capacidad de desarrollar estados mentales subjetivos y de trascendencia. Ello apunta a la configuración de una teoría más amplia y no concluyente, es más, constituiría una teoría en formación. Para Nagel, los hechos mentales no se pueden entender a partir de “miradas de hechos psicofísicos” que se suceden en el nivel molecular, en parte, porque comportan una gran complejidad, además, porque carecemos de una teoría que conciba los organismos conscientes como sistemas físicos compuestos de elementos químicos que ocupen un espacio, y que posean una perspectiva individual del mundo, con capacidad en algunos casos de autoconciencia.

Sin embargo, Nagel se refiere a la posibilidad de la existencia de una teoría integrada que alterará nuestra concepción del universo, tan radicalmente como nada lo ha conseguido hasta la fecha. Para ilustrar la necesidad e importancia de proponer una nueva teoría, que dé cuenta de una mayor comprensión del hombre, Nagel acude al ejemplo de la física, en el que muestra cómo se tuvo que dar un cambio en ella para poder explicar los fenómenos electromagnéticos, constituyéndose éstos en una nueva realidad.

En dicha explicación quedaron por fuera los viejos conceptos y teorías de la mecánica tradicional. En el paso del universo de Newton al universo de Maxwell, se abandonaron los viejos conceptos y teorías de la mecánica tradicional, por tanto, se requirió la elaboración de todo un conjunto de conceptos y teorías creados específicamente para describir y explicar los diferentes fenómenos recién explorados

Para Nagel, explicar la mente, en términos no mentales y sabiendo las características tan peculiares de lo mental resulta: “Retrógrado desde el punto de vista intelectual y suicida desde el punto de vista científico” (Nagel, 1996, p. 79). Dado que la diferencia entre lo mental y lo físico es mucho mayor que la que existe entre lo eléctrico y lo mecánico. Por ello, necesitamos de herramientas intelectuales enteramente nuevas y: “Será justamente la reflexión sobre lo que parece

imposible – como la regeneración de la mente por medio de la recombinación de la materia – lo que nos empujará a crear tales herramientas” (Nagel, 1996, p. 79).

### **Relación entre mente y universo desde el monismo del doble aspecto**

Desde la teoría de Nagel, cualquier descubrimiento fundamental que hagamos acerca de cómo es que tenemos mente y que es esta en realidad, necesariamente debe revelar algo fundamental sobre los constituyentes de la totalidad del universo, implicando con ello una comprensión unificada de la mente–cuerpo. En su intento por establecer y comprender la relación entre el descubrimiento de la mente y su conexión con el universo, empieza a establecer cómo nosotros y las demás criaturas dotadas de mente, parecemos estar compuestas de los mismos materiales que todas las cosas que pueblan el universo. Sin embargo, en la concepción del mundo mental se debe admitir tanto el carácter subjetivo irreductible de la mente, como el lugar que ésta ocupa en el universo físico y objetivo.

Nuestro cuerpo y en particular nuestro sistema nervioso central pertenecen a ese mundo físico, al igual que el cuerpo de todos los demás órganos capaces de desarrollar una actividad mental. Sin embargo, si asumimos que la estructura química y fisiológica de nuestro cuerpo se compone de las mismas partículas que se encuentran en todo el universo físico conocido –esto quiere decir que el cuerpo humano vivo se puede construir con una cantidad suficiente de cualquier cosa; libros, ladrillos, con sus constituyentes básicos adaptados de diferente manera–, nos encontramos con el problema de cómo ésta composición compleja de materiales físicos puede dar lugar a un ser dotado de una mente, con *experiencias subjetivas*, sabiendo que ninguna de ellas puede encontrar sitio en la concepción física de la realidad objetiva.

Desde la teoría del monismo del doble aspecto se admite, entonces, que aunque el cuerpo posea propiedades físicas, se puede dar el caso de que también posea propiedades mentales por medio de alguna interdependencia muy estrecha entre ambas, tal vez nos plantea Nagel, las propiedades como creía Spinoza sean éstas en última instancia, pero esto tendría que suceder en un nivel más profundo que el mental o el físico. El asunto que queda pendiente aquí es el de determinar de qué forma una cosa puede tener dos conjuntos de propiedades esenciales, mentales y físicas, mutuamente irreductibles.

### El problema de lo subjetivo y objetivo

Este tema del yo se constituye para Nagel un misterio. En esta consideración se privilegia el cerebro como algo que “es esencial al yo” (Nagel, 1996, p. 62) y lo que soy funciona como centro de las experiencias de la persona en particular y de su capacidad para identificarse y reidentificarse a sí misma. Sin embargo, aunque el hecho de que yo sea una persona, no necesariamente lleva a que sepa que la hace posible, y los demás tampoco necesitan saberlo para saber que soy persona. Esto quiere decir que mi idea subjetiva de mí mismo no me da un conocimiento de las condiciones de mi propia identidad, tampoco me da la idea que los demás tienen de mí:

Queda pendiente, algo que tiene que descubrirse [...] mi concepto de mí mismo contiene un espacio en blanco para la complementación objetiva pero no lo llena, el yo aparece como un misterio, en este sentido puedo entender y ser capaz de aplicar el término el término “yo” a mí mismo sin saber que soy realmente (Nagel, 1996, p. 62)

En la comprensión del universo y de nosotros mismos debe existir una conciliación desde el punto de vista subjetivo con el objetivo, el interno con el externo, y el personal con el impersonal. Un aspecto importante de destacar, dentro de esta visión del monismo del doble aspecto, es el problema de la subjetividad, sin la cual sería imposible hacer una investigación ni en física ni en ninguna otra cosa. Para Nagel la subjetividad

ocupa un lugar fundamental en cualquier visión del mundo, siendo tan fundamental como cualquier otra realidad: la materia, la energía, el espacio, el tiempo o los números.

### La objetividad como método

Nagel nos presenta objeciones acerca de objetividad, altamente apreciada en el funcionalismo, considerando que ésta no puede dar cuenta del carácter cualitativo o afectivo de los estados mentales. Así tenemos, por ejemplo, cuando un computador es programado para identificar imágenes, aunque se programen simulaciones realistas de la conducta humana, éstas no tendrán las experiencias que tiene el ser humano. En su intento por plantear la dificultad que se da al tratar de dar cuenta del carácter cualitativo de los estados mentales, Nagel hace referencia al caso de, “que es ser un murciélago”, mostrando cómo: a pesar de conocer con detalle cómo operan los mecanismos en el sistema del sonar de un murciélago, sin embargo, no podemos imaginar cómo se sentirían las cosas mediante el sonar. En otras palabras, tal fenómeno es imposible explicar desde el funcionalismo y no nos podemos imaginar *su* experiencia concreta.

A partir del análisis de algunas cuestiones cómo: la relación cuerpo-mente, objetividad de la mente, relación con los objetos físicos, percepción humana, formación de los conceptos, conciencia, relación con otras mente y el yo objetivo, Nagel pretende mostrarnos cómo la objetividad (un nuevo tipo de racionalidad) viene a constituirse en un método muy apropiado de comprensión. En el despliegue de este método se presenta la primera opinión que se torna subjetiva y corregible a partir de una nueva opinión, para dar lugar, posteriormente, a una concepción más objetiva e imparcial al examinar la relación entre el mundo y nosotros mismos. Este avance objetivo del conocimiento proviene de que la primera visión del mundo que se muestra incapaz de incluirse y explicarse a sí misma, es decir, de explicar por qué las cosas aparecen ante nosotros tal como lo hacen. Esto nos obliga a buscar una nueva concepción que pueda dar cuenta tanto de las primeras apariencias

como de la nueva impresión de que ella misma es verdadera. Este avance de la racionalidad, nos hace ver cómo cada uno de nosotros es un microcosmos, y al separarnos progresivamente de nuestro punto de vista y formar una sucesión de visiones superiores de nosotros mismos en el mundo, estamos ocupando un territorio que ya existía, tomando posesión, por decirlo así, de un dominio objetivo.

La intención en esta teoría del monismo del doble aspecto es buscar una concepción unificada del hombre y el universo. Según Nagel, la posibilidad y el progreso de nuestro conocimiento sólo tiene sentido, si poseemos una capacidad natural para entrar en armonía con el mundo y comprender más allá del ámbito de nuestras experiencias y contextos particulares:

Quando utilizamos nuestras mentes para pensar en la realidad, estamos desarrollando una relación con el mundo que se halla implícita en nuestra constitución física y mental, y sólo nos es posible hacerlo, si existen hechos que desconocemos y que explican esa posibilidad (Nagel, 1996, p. 126).

## Conclusiones

Siendo conscientes de la vasta cantidad de incógnitas que se generan en el estudio de la mente-cerebro y su relación con el universo físico, tanto desde el punto de vista científico como desde la filosofía de la mente, la presente investigación tuvo como propósito, realizar una explicación y comprensión entre la compleja y complicada red de causalidades abiertas que se presentan en los fenómenos: físicos, biológicos y humanos, destacando la singularidad de la naturaleza del hombre. Para ello se acudió a dos teorías que parecen integrarse y complementarse mutuamente: la teoría de la complejidad, que pretende dar una explicación de los procesos y relaciones causales de los fenómenos incluyendo al hombre, teniendo en cuenta la coevolución de los entornos -sistemas, y la emergencia de nuevos principios causales en los cuales el "más" es "diferente" -y la teoría del monismo del doble aspecto, que se propone ir más allá de

las explicaciones reduccionistas, con la intención de plantear una mayor comprensión del universo y de nosotros mismos desde la conciliación de la persona en particular que se haya dentro del mundo físico, y desde la concepción objetiva de ese mundo incluyendo la persona y su punto de vista.

## Referencias

- Brogie, L. (1962). *Mi ansiedad frente a la física: Revista Eco*.
- Comte, A. (1979). *La filosofía positiva*. México: Porrúa.
- Einstein, A. (1994). *Hacia donde va la física*. Buenos Aires: Losada.
- Feyman, R. (2000). *El placer de descubrir*. España: Crítica.
- Heisenberg, W. (1963). El papel de la física moderna en del desarrollo actual del pensamiento humano: *Revista Universitas*.
- Lorite M., J. (1994) *Una situación y sus límites*. Navarra: Verbo Divino.
- Luhmann, N. (1999). *Sociedad y sistema*. Barcelona: Paidós.
- Martínez M., M. (1997). *El paradigma emergente*. México: Trillas.
- Mayer, M. (2002). *Reglas y creatividad en el arte*. España: Multiprensa.
- Morin, E. (1990). *Introducción Al pensamiento complejo*. Barcelona: Gedesa.
- Nagel, T. (1996). *Una visión desde ningún lugar*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Newton, I. (1987). *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Madrid: Tecnos.

Polkinghorne, J. (2007). *Explorar la realidad*. Cantabria: Sal Terrae.

Prigogine, I. (1997). *El fin de las certidumbres*. Madrid: Taurus.

Russell, B. (1983). *El conocimiento humano*. Barcelona: Orbis.

Russell, B. (1975). *Fundamentos de filosofía*. Madrid: Alianza.

Schrödinger, E. (1958). *Cuestiones cuánticas. Contemporánea*.

Schrödinger, E. (1985). *Ciencia y Humanismo*. Barcelona: Tusquets.