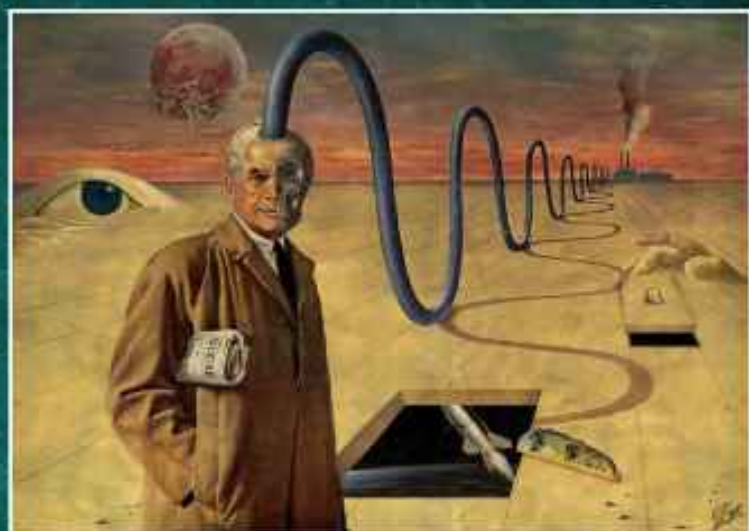


6

Pensar

Epistemología y Ciencias Sociales



Artículos

Alejandra Carla Ralfo
David Barkin, Mario Fuente y Daniel Tagle
Eirini Grigorliadou

Intersecciones

María Mercedes Betria Nassif
Leonardo Martínez
Valeria Vegh Weis

Fichas de Epistemología y Política

Padro Bravo Reinoso
Luciana Linares

Debates Contemporáneos

Jenni Contreras y María Luisa Eschenhagen

editorial



acceso libre

Pensar

Epistemología y Ciencias Sociales

Nro. 6 | 2011

ISSN N°: 1852-4702



DIRECTORES:

Diego A. Mauro
Gustavo M. Cardozo

EDITORES CIENTÍFICOS:

Leonardo Simonetta
Horacio M. H. Zapata

SECRETARÍA TÉCNICA DE REDACCIÓN:

María Liz Mansilla

COMITÉ EDITORIAL:

Trilce I. Castillo
Miguel Saigo
Hernán A. Uliana
Leonardo Simonetta
Horacio M. H. Zapata
María Liz Mansilla
Diego A. Mauro
Gustavo M. Cardozo

DISEÑO DE PORTADA:

Pablo Pompa Lares

IMAGEN DE TAPA:

Alvane Simon:

www.albanesimon.com/illustrations/human-pollution/

Cómo citar este artículo:

Pedro Bravo Reinoso. **Transformaciones en la relación epistemológica del sujeto con la realidad.** En revista *Pensar. Epistemología y Ciencias Sociales*, N° 6, Editorial Acceso Libre, Rosario, 2011.

Disponible en la World Wide Web:

<http://revistapensar.org/index.php/pensar/issue/view/6/showToc>

www.revistapensar.org – info@revistapensar.org - ISSN N°: 1852-4702

TRANSFORMACIONES EN LA RELACIÓN EPISTEMOLÓGICA DEL SUJETO CON LA REALIDAD*

Pedro Bravo Reinoso

La Salle, Paraguay
pdroandresfsc@gmail.com

Resumen

La pregunta por la verdad del conocimiento y el entendimiento objetivo de la realidad es la preocupación epistemológica fundamental. Desde el nacimiento de la filosofía occidental en Grecia hasta los últimos aportes de las ciencias modernas se han venido no solo ensayanado diferentes respuestas a estas interrogantes, sino distintas matrices epistemológicas de comprensión de la realidad. Por matriz epistemológica entendemos las condiciones de posibilidad del conocimiento y son las que condicionan el saber y el lugar del ser humano en el mundo. En este trabajo haremos un análisis de las transformaciones epistemológicas operadas en la historia de la ciencia y para esto tomaremos tres lugares referenciales: la matriz aristotélica-tomista, la matriz de la modernidad y la matriz emergente desde la física cuántica. En cada una de estas se verá como lo que se entiende por sujeto, objeto y conocimiento es transformado según el lugar epistemológico donde es enunciado.

Palabras clave: epistemología, sujeto, objeto, filosofía, física

Abstract

The question about the truth of the knowledge and understanding of objective reality is the fundamental epistemological concern. Since the birth of Western philosophy in Greece until the recent contributions of the modern sciences there are not only different answers to these questions, but different matrices epistemological understanding of reality. For matrix epistemological understand the conditions of possibility of knowledge and are issues that determine the knowledge and the human place in the world. In this paper we shall analyze the epistemological transformations operated on the history of science and for this we will reference three places: the Aristotelian-Thomistic matrix, the matrix of modernity and the matrix emerging from quantum physics. In each of these will look like what is meant by subject, object and knowledge is transformed according to the place where it is epistemological statement.

Keywords: epistemology, subject, object, philosophy, physics

* Este artículo es una revisión y ampliación de un artículo subido a la red en la página www.antroposmoderno.com con el título "Paradigmas de entendimiento de la realidad. Hacia una comprensión cuántica del cosmos"

A modo de introducción

Para desarrollar nuestra exposición queremos utilizar una alegoría que vista desde diferentes maneras nos puede ayudar a entender las transformaciones en aquello que comunmente llamamos realidad que, como veremos más adelante, no es posible acceder a ella de una manera directa sino siempre desde ciertos lugares o matrices epistemológicas que nos revelan miradas diferentes del mundo.

Platón en el Mito de la Caverna nos cuenta la historia de unos sujetos que durante toda su vida han estado encadenados en el fondo de una caverna contemplando una pared donde se proyectan sombras provenientes de la superficie. Para estos sujetos la realidad no es más que las sombras que podían ver.

A partir de esta metáfora Platón explicaba la manera en que comprendemos la realidad. Él creía que nuestro mundo, aparentemente lleno de luces y de conciencia, es en realidad un mundo rodeado de sombras donde todos somos prisioneros de una caverna. La pregunta que resuena de fondo es ¿a qué llamamos realidad? ¿qué comprendemos por mundo? ¿cuál es nuestra imagen del universo? Si bien es cierto la ciencia en los últimos siglos ha avanzado grandemente y nos ha brindado mayores conocimientos sobre el universo, pero ¿podemos afirmar que hemos salido de la caverna?¹

En el presente trabajo pretenderemos desarrollar las transformaciones que, en el ámbito de la ciencia, han cambiado la relación existente entre el sujeto cognoscente y objeto cognoscible. Comenzaremos haciendo un preámbulo para justificar el sentido de buscar nuevos modelos explicativos de la realidad externa al sujeto y luego haremos una revisión de aquellas matrices epistemológicas que han articulado concepciones diversas del mundo, comenzando con la matriz aristotélica-tomista que tuvo vigencia durante muchos siglos, para luego revisar el aporte que la modernidad brinda a la comprensión de la realidad y como desde ahí se va gestando una visión mecánica del mundo, para finalmente concluir con los aportes de la física cuántica.

Una historia de la materia

Lo que llamamos realidad del mundo objetivo, del mundo de los estados de cosas, tiene una historia que inicia hace aproximadamente 13,5 mil millones de años cuando toda la materia y energía del universo estaba concentrada con una densidad muy elevada en un punto matemático de dimensión casi nula denominado singularidad. Todo cuando conocemos, incluido el tiempo y el espacio, estaban concentrados en un volumen muy pequeño cuya explosión daría inicio a lo que llamamos realidad. Previamente no existía nada y sería engañoso pensar que algo fuera de la singularidad existía.

Durante los primeros 3 minutos se empezaron a formar los primeros protones y neutrones estables, los cuales tendrían que esperar unos 300 mil años para poder combinarse con electrones y empezar a formar átomos para que 1000 millones de años después de la gran explosión se empezasen a formar cúmulos de materia, los cuales por su fuerza de gravedad atraía hacia sí cantidades sustanciales de helio e hidrogeno para

¹ La pregunta por la “realidad” también la encontramos en el cine. Cuando se estrenó la película Matrix muchos creían que esta era una versión moderna del mito de la caverna, puesto que el argumento central de la película es que vivimos en un mundo dominado por máquinas que nos hacen ver “sombras” de lo que realmente ocurren las cosas. Pero el universo de Platón y el de Matrix poseen una gran diferencia (entre muchas otras por supuesto); cuando los prisioneros salen a la luz se encuentran con un mundo habitado por la “idea”, mucho mejor que el que veían; pero en Matrix los humanos liberados no tienen más que enfrentarse al hecho de que su mundo es mucho peor que lo que hubieran imaginado.

que, 13,5 mil millones de años después del *big-bang*, se formen galaxias con sistemas solares alrededor de las estrellas y con una multiplicidad de formaciones planetarias que eventualmente generaron formas complejas de organización molecular, produciendo organismos vivos los cuales llegaron a aparecer desde hace 3800 millones de años primero con organismos unicelulares muy simples hasta llegar a organizaciones complejas como el ser humano, cuya existencia es reciente.²

En todo este proceso de formación del universo, como menciona Wagensberg³, se ha dado un triple proceso de selección en el que la materia se ha revelado a sí misma para progresar. Dicho proceso de selección se concretiza en tres dinamismos, a saber: fundamental, natural y cultural, mediante los cuales todo aquello que pertenece al mundo objetivo busca perseverar como *res* inerte, continuar existiendo como *res* viva, y seguir conociendo el mundo como *res* culta. El mundo de las realidades inertes busca resistir al entorno para no desaparecer; las realidades con vida pretenden modificar su entorno para continuar siendo y; las realidades que han generado conciencia procuran anticiparse al mundo para asegurar su existencia.

El hombre debe su particular complejidad a la capacidad que ha adquirido de no solamente transformar el medio dentro del cual se desarrolla, sino por su capacidad de anticipación al entorno por medio de la generación del pensamiento abstracto el cual le permite conocer las cosas para transformarlas. La facultad de conocer la realidad de manera conciente y poder comunicar lo conocido mediante articulaciones lingüísticas lo que funda el surgimiento de la humanidad. “El conocimiento representa [...] la estrategia dotada de proyectos que mejoran nuestra independencia de los caprichos ambientales. El conocimiento se alimenta a sí mismo para seguir conociendo y es la base de una innovación universal: la creatividad humana.”⁴

Ahora bien, dentro del reino animal también podemos observar que existen niveles de inteligencia con la característica de que ésta se encuentra supeditada al plano instintivo. Así la conducta animal depende de las formas de satisfacer necesidades contingentes con la imposibilidad de controlar un instinto en función de un instinto mayor. El “conocimiento” que generan tiene un carácter de inmediatez y de particularidad en función del instinto presente. Únicamente la inteligencia humana es capaz de generar un conocimiento que va más allá del plano contingente de la realidad y puede producir ciencia y organizarse en sociedad. El pensamiento lógico hace que el hombre pueda anticiparse a la realidad y despertar aquella intencionalidad que le posiona frente al mundo en base a un objetivo.

Preguntarse y preguntar por la realidad es para el hombre, a más de un interés cognoscitivo, una forma de autoconocerse y un medio de supervivencia dentro de la incertidumbre del entorno. En el universo están claves para la comprensión de la existencia humana que hacen de las ciencias físicas una forma de acceder a la realidad

² Sin duda manejar estas grandes cantidades de cifras referidas al tiempo y a la materia resulta muy complejo para nuestra comprensión y por los objetivos que perseguimos en nuestra exposición no podemos hacer una explicación más detallada del origen y formación del universo. Pero queremos señalar una comparación que puede servirnos para comprender las magnitudes de las que estamos hablando. Los físicos, cuando quieren responder por el número de estrellas que hay en el universo, suelen decir lo siguiente: imaginen todos los granos de arena que existen en la tierra, los de la playa y los del fondo del mar, en el universo existen muchas más estrellas que granos de arena. Si es que en el universo existiera una agencia espacial de viajes lo más seguro es que nuestro planeta no constataría en ninguno de los paquetes turísticos.

³ WAGENSBERG, Jorge *La rebelión de las formas. O cómo perseverar cuando la incertidumbre aprieta*, Editorial Tusquets, Madrid, p. 60-81.

⁴ WAGENSBERG, Jorge *La rebelión...*, p. 76

humana. Sin pretender caer en determinismos positivistas o científicistas consideramos que de la forma como sea nuestra comprensión del mundo de los estados de cosas surgen paradigmas desde donde la realidad se manifiesta y a su vez desde donde el hombre se manifiesta a la realidad. “Porque nosotros somos la encarnación local del Cosmos que ha crecido hasta tener consciencia de sí [...] *Nosotros* hablamos en nombre de la Tierra. Debemos nuestra obligación de sobrevivir no sólo a nosotros sino también a este Cosmos, antiguo y vasto, del cual procedemos.”⁵

A lo largo de la historia humana han surgido distintos presupuestos epistemológicos desde los cuales la realidad ha sido comprendida. La evolución del pensamiento y de la ciencia ha planteado distintas alternativas a la pregunta sobre la realidad. Una evolución no siempre continua, sino más bien discontinua puesto que la aparición de distintas matrices disciplinarias hacen que aquello que llamamos realidad vaya cambiando. Nuestros habitantes de la caverna platónica han buscado distintas alternativas de sacarse las cadenas para buscar un punto donde mirar más claramente. Nuestra tarea es hacer un recorrido de las formas cómo el hombre se ha posicionado dentro de esta “caverna”⁶.

Contemplar las sombras: Un acercamiento a la matriz griega de la comprensión

Mirar las sombras que se reflejan en la pared es, para los habitantes de la caverna, su primera alternativa de mirar la realidad, que para un observador será la forma mediante la cual la realidad es comprendida en cuanto reflejo de algo que es superior. Suponiendo que nuestros personajes de la caverna lograsen mirar hacia el lugar de donde provienen las sombras descubrirían que la pared que tienen al frente refleja lo que en el exterior de la caverna acontece. ¿Cuál será su primera actitud? Creemos que su primera postura frente a este hecho será el respeto y la contemplación al descubrir que su mundo de sombras es dependiente de otro que se presenta como inaccesible. Justamente la primera matriz epistemológica que vamos a desarrollar es aquella que toma la actitud antes descrita y que inicia desde el mundo griego y se extenderá durante varios siglos, específicamente perdurará hasta la Edad Media.

“Antes de 1500, en Europa – y en la mayoría de las demás civilizaciones – predominaba una visión orgánica del mundo. Las personas vivían en pequeñas comunidades solidarias y sentían la naturaleza en términos de relaciones orgánicas.”⁷ Para esta matriz existía una interdependencia entre los fenómenos materiales y espirituales. Casi se podría hablar que lo material era un reflejo de lo espiritual. En cuanto a la organización social existía una supeditación de lo individual a lo colectivo. Las sociedades se organizaban en aquello que Durkheim denominaba *solidaridad mecánica* ya que eran las creencias comunes las que regulaban la vida social conforme a un tipo de moral.⁸

Son básicamente dos los referentes teóricos que organizan la estructura científica de toda esta época: Aristóteles y la Biblia. Santo Tomás de Aquino en el siglo XIII llegará a sintetizar ambas doctrinas.

⁵ SAGAN, Carl *Cosmos. Una evolución cósmica de quince mil millones que ha transformado la materia en vida y consciencia*, Editorial Planeta, Barcelona 1983, p. 345.

⁶ La sucesión de paradigmas que a continuación presentaremos no deben entenderse como si estos fueran una sucesión lineal o que la emergencia de un paradigma implique la destrucción del otro. Al contrario, en nuestra sociedad podemos encontrar estas maneras de representar el mundo que en ocasiones se entrecruzan pero forman parte del complejo entramado del mundo de la vida.

⁷ CAPRA, Fritjof *El punto crucial. Ciencia, sociedad y cultura naciente*, Editorial Estaciones, Buenos Aires, 1992, p. 55.

⁸ GIDDENS, Anthony *Política, sociología y teoría social. Reflexiones sobre el pensamiento social clásico y contemporáneo*, Editorial Paidós, Buenos Aires, 1997, p. 94.

La realidad es un todo ordenado porque en ella hay atributos que remiten a una trascendencia. Justamente los griegos para referirse al universo lo hacían bajo la categoría de κόσμος (cosmos). Categoría que perduraría durante varios siglos y que indica la armonía que se puede encontrar en la realidad. Para esta imagen de la realidad no hay cabida para el azar o los cambios cualitativos, puesto que las cosas *son*, y los únicos cambios que se pueden percibir son en sus notas accidentales, sin tocar lo esencial de la realidad. No puede hablarse de una evolución de la realidad, ya que ésta *es*, y continúa siendo en cuanto ella *es*. Se trata de una realidad acabada y abierta a su conocimiento por lo racional de su formación. El cosmos está guiado por una dinámica sustancial que lo aleja del caos.⁹

Si tomamos la imagen aristotélica del universo, vemos que en ella Aristóteles defendía que la “Tierra era estacionaria y que el Sol, la luna, los planetas y las estrellas se movían en órbitas circulares alrededor de ella. Creía eso porque estaba convencido, por razones místicas, de que la Tierra era el centro del universo y de que el movimiento circular era el más perfecto.”¹⁰ Esta doctrina la retomaría Ptolomeo en el siglo II d.C. el cual construiría una teoría cosmológica completa.

La forma de acceder a la realidad es la contemplación. Efectivamente los griegos entendían la teoría como pura contemplación, separada de toda *praxis*, y que se la hacía de manera desinteresada en base a principios generales los cuales eran obtenidos en virtud de la identidad establecida entre sujeto y objeto. La meta del conocimiento era comprender el significado y la importancia de la realidad por el vínculo material y espiritual que hay en ella. El hombre se siente impedido de intervenir sobre el cosmos ya que éste al gozar de una armonía preestablecida y de un valor supremo, lo hacían impenetrable. El mundo únicamente estaba puesto frente al hombre para ser conocido en cuanto a sus manifestaciones de trascendencia. Durante la Edad Media “los científicos que investigaban el objetivo primario de los distintos fenómenos naturales daban la máxima importancia a todo lo relacionado con Dios, con el alma humana y con la ética.”¹¹

La vía contemplativa del conocimiento de la realidad instaura una forma particular dentro de la cual el conocimiento se sistematiza. Esta vía es la metafísica. Se colige que para una realidad cuyo fundamento está en un estado más allá del mundo empírico, se requiere un tipo de conocimiento que facilite al hombre ir *más allá de lo físico* para en él encontrar los fundamentos del ser. Aristóteles comprendía que la metafísica era la forma suprema del conocer humano cuyo fin era el conocimiento de las causas y principios primeros. La metafísica es la búsqueda de la verdad y Aristóteles creía que ésta era “la *causa o razón de ser las cosas*: la verdad suprema es el ser supremo y por ende coincide con la causa primera, o sea con la causa que es la razón de ser de la

⁹ Los filósofos presocráticos nos pueden ayudar a ejemplificar esto. La preocupación común para Tales, Anaximandro, Anaxímenes era encontrar aquel principio ordenador de la realidad, lo que se conoce como el *arjé*. La preocupación por el *arjé* no puede ser asimilada a una investigación arqueológica que pretenda encontrar el elemento “x” que origina todo el cosmos. El *arjé* es una preocupación por el orden natural, social, puesto que todo debe responder a este *arjé*. Más tarde con Aristóteles esta preocupación se traduciría en la búsqueda de la esencia de las cosas y con ello se origina la metafísica en cuanto ciencia del “ser en cuanto ser”. Recurrir a la esencia de las cosas no solamente es una manera de incluir los seres en un mismo género, sino de excluir a los que no se ordenan al criterio esencialista y de ahí la idea aristotélica de dejar por fuera del espacio ciudadano a los esclavos y extranjeros.

¹⁰ HAWKING, Stephen *Historia del tiempo: Del big-bang a los agujeros negros*, Editorial Crítica, Colombia, 1999, p. 10.

¹¹ CAPRA, Fritjof *El punto crucial...*, p. 56.

verdad de las cosas que de ella dependen.”¹² Aunque Aristóteles no desprestigiaba el mundo de lo físico, ya que incluso escribió un tratado sobre física, el máximo estadio de desarrollo del conocimiento se encontraba mediante la metafísica ya que posibilitaba acceder a aquella causa incausada y causa de todas las cosas desde donde se podía entender el resto de fenómenos físicos.

En general el proceso de conocimiento de la realidad, partiendo de las tesis de Platón y Aristóteles, es un proceso articulado desde la llamada “teoría del reflejo” que plantea la unidad entre el saber y el objeto. Platón formuló la teoría causal de la percepción: comparó el sujeto cognoscente con un pedazo de cera y el objeto de la percepción con un sello que penetra la cera. Para Platón el conocimiento es el resultado de la contemplación de las cosas en la que el sujeto hace *anámnesis* de las ideas que previamente ya conocía, de tal forma que el valor de las cosas está en las ideas de donde proviene. Aristóteles planteó la abstracción como proceso mediante el cual el sujeto capta la esencia de las cosas, siendo el intelecto el agente capaz de captar la realidad en cuanto es. La inteligencia cumple la función de captar la verdad ontológica del ser, la cual corresponder al ser y que para cuya captación el hombre juega un rol pasivo.

Este paradigma epistemológico plantea que entre conocimiento y realidad existe una simetría de tal modo que el primero es el reflejo del segundo. Pero también podemos ver que esta idea no solo se aplicó al campo epistemológico sino que también se derivó a otras esferas sociales como la del arte. Si nos fijamos en el modelo aristotélico del teatro descubrimos una dinámica que es reflejo a la estructura de la vida puesto que la trama aristotélica se construía en base a tres actos: introducción-planteamiento del problema, desarrollo-clímax de la obra y conclusión, semejante al mundo biológico donde existe un nacimiento, desarrollo y muerte. La elaboración de una obra artística era un proceso de *mimesis* por el hecho de que la auténtica obra de arte era aquella que mejor representaba la realidad. La misma tragedia griega era una forma de representar estéticamente situaciones de la vida cotidiana. Esto era así no porque la creatividad humana se vea limitada a lo que acontece en el mundo objetivo o social, sino porque la representación de esto era un medio de remitirse a la realidad metafísica y sobre esto podemos remitirnos al planteamiento de los trascendentales que hace Platón, donde él equipara el ser con la verdad y la belleza. El arte como manifestación de la belleza es un medio contemplativo de acceder a la verdad del ser y por tanto a la causa primera.

Para la filosofía antigua no se podía comprender que la actividad creativa del sujeto era indispensable para la construcción ideal del objeto. Se pensaba que el objeto verdadero sólo puede ser “dado” al ser cognoscente: todo aquello que es producto de su creatividad cognoscitiva subjetiva, sólo puede ser un simple opinar, *doxa*, y por lo tanto, no es verdadero, no corresponde al ser.

Todas estas ideas son continuadas en la Edad Media con la particularidad de que la causa primera recibe el nombre de Dios. El conocimiento de la realidad es una búsqueda teológica por encontrar a Dios como primer y último sustrato del mundo.

La realidad tiene un valor espiritual porque es una manifestación de lo divino. La propuesta de las cinco vías tomistas de la existencia de Dios es una forma de argumentar que la realidad física es obra y remite a un ser supremo.

La visión geocéntrica del universo, derivada de un análisis literal de los textos bíblicos, condujo al hombre a sentirse el centro de todo cuanto existe. Santo Tomás se refería a esto diciendo que en el hombre de alguna forma confluyen todas las cosas y

¹² REALE, Giovanni *Guía de lectura de la “Metafísica” de Aristóteles*, Editorial Herder, Madrid, 2003, p. 28.

donde “nada es conocido sino en la medida en la cual lo conocido se encuentra presente e inmanente en el sujeto que conoce.”¹³ Según esto no hay necesidad de intervenir sobre el mundo para conocerlo puesto que la vía contemplativa sigue siendo el camino más certero del conocimiento de la realidad en cuanto a su fundamento último. El conocimiento de los fenómenos empíricos pierde importancia porque en último término estos tienen una justificación y explicación teológica y por tanto la ciencia en la medida en que se vuelva reflexión teológica-metafísica estará comprendiendo la realidad.

Debemos considerar que las formas de organización social obedecen a los presupuestos antes mencionados puesto que si la realidad es una extensión de la “voluntad divina” la unión entre Iglesia y Estado es esencial. Nos encontramos frente a sociedades de carácter teocrático y sumamente jerárquicas. Lo sagrado se fue convirtiendo progresivamente en sinónimo de poder donde las personas ligadas con roles referentes a la religión tienen mayor poder de mando y organización. En la Edad Media no podemos hablar de formas democráticas de organización social porque la matriz disciplinar vigente es un modelo verticalista y la sociedad se construye desde este paradigma.

En definitiva, nos encontramos frente a un mundo donde la realidad es creada, ordenada, armónica de la que el hombre es el centro y de donde Dios es el fundamento último.

Alejarse de las sombras: La matriz epistemológica de la modernidad

Volviendo a los habitantes de la caverna, hemos descubierto que su primera actitud al liberarse de las cadenas es contemplar con admiración el lugar de donde provienen las sombras. Sin duda para una vida que ha visto sombras el contemplar la luz es causa de respeto y veneración. Ahora bien, después de cierto tiempo de admirar el mundo de las luces, a algún habitante de la caverna se le puede ocurrir la idea de mirar más de cerca la superficie de la caverna para entender más en detalle el origen de las sombras. Es más, podría decirse a sí mismo: *todo lo que yo creía que era real, no lo ha sido*. Y con actitud de explorador decidirá salir de la caverna para conocer más de cerca la realidad y poder mirar con sus propios ojos todo lo que acontece en la superficie. Los habitantes de la caverna iniciarán un proceso que Kant denominó *aufklärung* (ilustración) todo con el fin de apoderarse de aquella realidad que antes se presentaba como incuestionable e “intocable”.

Con el inicio de la Modernidad se da un cambio en la forma de comprender la realidad. Se deja a un lado las cosmovisiones de tipo espiritual que veían en el universo algo orgánico, vivo y espiritual, para instaurar una matriz epistemológica que equipara la realidad con una máquina. Así, la dinámica del mundo se puede predecir, controlar e intervenir sobre ella para modificarla. En la Modernidad se inicia un proceso de racionalización, como lo denominó Weber, el cual consiste en un continuo alejamiento de las imágenes religiosas, místicas y míticas del mundo. La ciencia modelo deja de ser la metafísica y la teología, y ahora la física ocupará el centro de los debates.

Lo que posibilitó este paradigma es la llamada Revolución Científica cuya génesis vamos a esbozar ahora.

La Revolución Científica comienza con Nicolás Copérnico el cual planteó teorías que invalidaron la visión geocéntrica expuesta por Tolomeo. Consecuencia de los estudios publicados por Copérnico fue que el hombre empezó a sentir cierto “despojo” de su categoría de ser el centro del universo y de la creación divina. La visión

¹³ AQUINO, Santo Tomás *De Div. Nom*, Cap II, Lect 4, núm. 176.

heliocéntrica plantea que la Tierra es un planeta más del universo y gira alrededor de una estrella de tamaño medio situada al borde de la galaxia. Con esto se empieza a cuestionar la autoridad científica de textos como la Biblia y el hombre siente la necesidad de buscar la verdad en base a sus propias investigaciones y al margen de cualquier referencia dogmática. A partir de Copérnico la matriz disciplinar de comprensión de la realidad empieza a cambiar. Evidentemente esto fue algo que fue sucediendo progresivamente. El mismo Copérnico publica sus tesis en el año de 1543, año en que fallece, y las presenta a la manera de hipótesis.

Lo importante es que en la Modernidad surge la conciencia de que es posible comprender cuáles son las leyes que rigen el comportamiento de la realidad. Y en este sentido Johannes Kepler, a partir de las tablas astronómicas hechas por su colega Tycho Brache, logrará establecer las tres leyes de las órbitas de los planetas. De este modo, la realidad no solamente podía ser comprendida sino que también se la puede predecir.

Si bien es cierto los aportes de Copérnico y Kepler son importantes dentro del nuevo modelo de comprensión de la realidad, podemos decir que es Galileo Galilei el auténtico padre de la ciencia moderna, ya que no solamente comprobó la hipótesis copernicana sobre el modelo heliocéntrico, sino que también dio un giro en la forma de hacer ciencia puesto que para la realización de sus investigaciones no solamente utilizó el formalismo que brindaba la matemática sino que integró la experimentación. Además de esto, “el hecho de haber formulado leyes y de haberlas planteado en lenguaje matemático, fue el detonante de dos nuevas ideas: el universo opera con leyes y la naturaleza puede ser descrita en términos matemáticos.”¹⁴ Con Galileo gana fuerza la idea de que el mundo objetivo opera en base a leyes que el hombre es capaz de descubrir y entender. La realidad está dispuesta para ser conocida y las leyes vendrían a revelar el “lenguaje divino” del mundo. La consigna galileana es lograr cuantificar matemáticamente todo los aspectos de la forma cómo se presenta el mundo. “Medir todo lo que es mensurable, e intentar hacer mensurable lo que todavía no lo es”. Esta era la tesis central de Galileo.

La naturaleza empieza a ser vista desde modelos matemáticos, los cuales al ser exactos, inauguran una ciencia que se erige sobre la certeza del conocimiento que brinda el análisis experimental. El mundo es una ecuación que es revelada mediante la investigación. Por ejemplo cuando Galileo plantea que el espacio recorrido por un cuerpo en caída libre se relaciona con el cuadrado del tiempo necesario en la trayectoria está indicando como la naturaleza tiene una estructura matemática fija que la compone y por tanto se inaugura la objetividad en la forma de conocer el mundo.

Según Galileo, para que los científicos puedan describir matemáticamente la naturaleza, tenían que limitarse al estudio de las propiedades esenciales de los cuerpos materiales tales como forma, número y movimiento, es decir, lo que puede ser cuantificado mientras que las demás categorías (color, sonido, sabor, olor) por caer en el campo de lo subjetivo, debían ser descartadas.

Contemporáneo a Galileo, Francis Bacon en Inglaterra formuló una teoría clara del método inductivo el cual plantea que la validez del conocimiento está en la experimentación de donde se lo extrae. Si antes la meta del conocimiento era comprender el orden natural y la vida en armonía en este orden, ya sea “para gloria de Dios” o para “confluir en la corriente del Tao” como decían los chinos, con Bacon “la ciencia comenzó a tener como fin un tipo de conocimiento que permitiera dominar y controlar la naturaleza conocimientos que hoy se emplean junto con la tecnología para

¹⁴ ARAYA MONGE, Rolando *El camino del socialismo cuántico*, Editorial Norma, Colombia, 2006, p. 127.

lograr objetivos que son profundamente antiecológicos.”¹⁵ A juicio de Bacon la naturaleza tenía que ser “sometida y obligada a servir”, “esclavizada” y la labor del científico era “torturarla hasta arrancarle sus secretos”. Como vemos, este pensamiento conduce al hombre hacia el dominio de la naturaleza y la ciencia sería el método para extraer todos sus secretos y no dejar nada al azar.

En el siglo XVII aparecerá otro autor que vendrá a consolidar aún más el paradigma del mundo-máquina. Este autor es Descartes y su obra cumbre *La duda metódica* instaurará una forma de hacer ciencia que tendrá vigencia durante los siglos posteriores.

Descartes concibió un método que permitiera construir toda una ciencia de la naturaleza de la que se podía estar seguro y que se asentase en la certeza. La certidumbre cartesiana es matemática ya que creía que la clave del universo se hallaba en su estructura matemática. El método que desarrolla Descartes tiene como clave la duda radical ya que él pone en duda todo aquello de lo que sea posible dudar hasta llegar a un punto donde no se es posible dudar: la existencia del sujeto como ser pensante (*cogito ergo sum*). De este principio se deduce que la esencia de la naturaleza humana se halla en el pensamiento y que todo aquello que sea concebido con claridad y distinción es absolutamente cierto. Para Descartes la ciencia era sabiduría cierta y evidente y por tanto rechazaba todos aquellos conocimientos que son probables la probabilidad es sinónimo de error.

Además, a partir del pensamiento cartesiano surge una distinción entre *res cogitans* y *res extensa* ya que se otorga una sustancialidad propia a cada una de estas realidades, consiguiendo que el pensamiento se convierta en una actividad que se autojustifica y construye desde sí misma. Mediante el método cartesiano se dio una mayor importancia a la razón siendo ésta la fuente de la certeza del conocimiento. Para Descartes la mente no incluía nada que pertenezca al cuerpo y el cuerpo nada que incluya la mente. Este dualismo cuerpo-mente fue uno de los pilares para la construcción de la civilización occidental ya que empezó a dar primacía a las actividades relacionadas con el trabajo intelectual mientras que las de índole manual eran desvaloradas. Estando la realidad material separada de la mental hizo suponer que el conocimiento es objetivo ya que su búsqueda es una actividad puramente mental y por tanto verdadera. Existe una total independencia entre la realidad observada y el sujeto que la analiza y es esta separación la condición *sine qua non* de la certeza del conocimiento. Además, el criterio de separación no es válido únicamente para la relación sujeto-objeto, sino para los objetos entre sí ya que el método cartesiano proponía “dividir cada una de las dificultades que examinara en tantas partes como fuera posible y necesario para mejor resolverlas.”¹⁶ Con esto la realidad adquiere una idea de totalidad como la suma de las partes y la ciencia adquiere una concepción atomizada del mundo en el que la globalidad pierde validez y las unidades elementales se ontologizan. Entender la realidad era hacer un proceso analítico sobre ella, y mientras en más partes se pueda dividir el conocimiento, más seguro será el conocimiento.

El método de conocimiento de la realidad que usó Descartes se lo conoce como el *cogito* o “duda metódica”. Este método es el proceso por el cual la razón es capaz de elaborar el conocimiento de manera depurada y consiguiendo que la realidad no sea más que una construcción deductiva de proposiciones y de hipótesis. El tercer paso que plantea Descartes en su método reza de la siguiente forma: “conducir por orden mis pensamientos, comenzando por los objetos más simples y más fáciles de conocer para

¹⁵ CAPRA, Fritjof *El punto crucial...*, p. 58.

¹⁶ DESCARTES, René *Discurso del método*, Editorial Losada, Barcelona, 1997, p. 39.

subir poco a poco, como por grados, hasta el conocimiento de los más compuestos, y aun suponiendo orden entre aquellos que no se preceden naturalmente unos a otros.”¹⁷ Se trata de un proceso deductivo que es seguido por la razón con el fin de organizar las proposiciones existentes de tal forma que permitan una explicación más efectiva de la realidad. La estructuración proposicional así como también la formulación de hipótesis, son un proceso que ocurre dentro de la cabeza del investigador y si sucediere el caso en que no se da una correspondencia entre las formulaciones teóricas y los hechos observables tendría que ser sometida a verificación alguna de las dos, ya que el error puede radicar en una incorrecta articulación de ideas o en percepciones equivocadas de la realidad. Además mientras menor sea el número de proposiciones que sirvan de base deductiva mejor estará organizada la ciencia. “En cuanto a mí, si hasta ahora encontré algunas verdades en las ciencias...puedo decir que son sino consecuencias y accesorios de cinco o seis principales dificultades que logré vencer y que yo cuento como otras tantas batallas en que la suerte estuvo de mi lado.”¹⁸ Esta metodología, a juicio de Descartes, era la forma cómo se podría asegurar la objetividad y certeza total en el conocimiento científico.

La forma como Descartes entendía que era posible alcanzar las proposiciones explicativas de la realidad era mediante la estructura matemática ya que el formalismo que estas ofrecen cumplen la condición de explicar la realidad mediante unas cuantas ecuaciones. La matemática se convertía así en la “lengua oficial” de la naturaleza y las investigaciones y descubrimientos de Descartes consistieron en averiguar la estructura matemática que rige en la naturaleza, y de ahí que halla fundado la geometría analítica. Consecuencia de esto también es que se instaure la imagen del universo como una máquina puesto que para ésta no hay ni vida, ni espiritualidad, sino únicamente leyes que la conducen. Incluso los organismos vivos eran vistos desde la visión mecanicista ya que Descartes explicó detalladamente la manera de reducir los movimientos y funciones biológicas del cuerpo a funciones mecánicas.

Pero no podemos completar la Revolución Científica sin citar el gran aporte de Isaac Newton en la consolidación de la matriz disciplinar que estamos analizando puesto que él llevará a la realidad el gran sueño cartesiano de la mecanización del mundo mediante la creación de un nuevo método, el cálculo diferencial, el cual le permitió enunciar las leyes generales del movimiento que rigen todos los objetos del sistema solar, desde las piedras hasta los planetas. Si Kepler formuló leyes para el movimiento de los planetas y Galileo para la caída de los cuerpos, Newton planteó leyes universales para todos los cuerpos, las cuales se fundamentaban en el hecho de que la misma fuerza que atrae los cuerpos hacia la tierra es la que atrae los planetas hacia el sol, la cual era exactamente igual al producto de sus masas dividido por el cuadrado de la distancia entre ellas. La importancia de esta ley es que al ser universal parecía confirmar la visión mecanicista de la naturaleza.

A más de esto, Newton inaugurará una nueva forma de hacer ciencia mediante la implementación de un método analítico-sintético el cual recogerá los aportes inductivistas de Bacon y las premisas deductivas de Descartes. En sus *Principia* Newton expuso la manera justa de combinar ambos métodos argumentando que era imposible construir una ciencia únicamente en base a validaciones empíricas sin una interpretación sistemática, ni tampoco por medio de deducciones carentes de referencias experimentales. El programa científico de Newton sigue estos pasos: 1) Identificar y

¹⁷ DESCARTES, René *Discurso del método...*, p. 39.

¹⁸ DESCARTES, René *Discurso del método...*, p. 85.

aislar los objetos que se van a estudiar; 2) Realizar el proceso de experimentación; 3) Formular principios generales; 4) Aplicar los principios a otros fenómenos; 5) Delimitar las formulaciones a campos específicos. Años más tarde Kant escribirá la *Crítica de la Razón Pura* donde resuelve la pregunta: ¿cómo son posibles los juicios sintéticos *a priori*? En la misma línea de Newton, Kant afirmaba que “El objetivo final de nuestro conocimiento especulativo *a priori* se basa por entero en semejantes principios sintéticos o extensivos. Pues aunque los juicios analíticos son muy importantes y necesarios, solamente lo son con vistas a alcanzar la claridad de conceptos requerida para un síntesis amplia y segura, como corresponde a una adquisición realmente nueva.”¹⁹

Para la teoría newtoniana “el tiempo y el espacio constituían un fondo sobre el cual se producían los sucesos, pero que no era afectado por ellos. El tiempo estaba separado del espacio y era considerado como una línea recta, o una vía de tren, infinita en ambas direcciones.”²⁰ La enunciación de las leyes físicas y la objetividad de las observaciones no eran afectadas por el contexto desde donde estas se las hacía. El tiempo y el espacio son entidades absolutas y separadas entre sí. Cualquier cambio efectuado a uno de ellos únicamente afectará a su dimensión y no se extenderá a otra.

La materia se mueve dentro de este espacio y tiempo absoluto y está formada por partículas pequeñas, sólidas e indestructibles. Para Newton toda la materia estaba compuesta de los mismos elementos y su diferencia radicaba en la forma cómo se agrupaba ésta. Los fenómenos físicos dependían de la manera cómo la materia ejercía su fuerza sobre el resto de la realidad.

En definitiva descubrimos que la matriz epistemológica que se instaura en los inicios de la modernidad si bien es cierto permite un conocimiento científico de la realidad a través de la experimentación y teorización de los fenómenos físicos, no considera el rol que juega el sujeto dentro del proceso de investigación, surgiendo así una ciencia sin sujeto y con primacía del objeto. El conocimiento se basa en la certeza, tanto gnoseológica como ontológica. Gnoseológica porque los resultados obtenidos en la investigación obedecen a una estructura matemática universal que no varía y que el sujeto la va descubriendo. Y ontológica porque el objeto de estudio *es*, no hay variación en sus formas, es una estructura sólida que habita en un cosmos. Además la matemática refleja lo que el objeto es. Lo que para una época anterior era la metafísica, desde la modernidad esto se traduce en física y matemática lo que permite al hombre no solamente comprender la realidad, sino también controlarla y anticiparse a ella. La realidad deja de esconder misterios o relacionarse con una dimensión espiritual, sino que es posible descubrir cómo es y será su comportamiento. “Laplace sugirió que debía existir un conjunto de leyes científicas que nos permitirían predecir todo lo que sucediera en el universo, con tal de que conociéramos el estado completo del universo en un instante de tiempo.”²¹ Para un universo-máquina la realidad demanda ser controlada. Pero esto no solamente se aplicó al campo del mundo objetivo sino también ingresó en el ámbito del mundo de las relaciones sociales.

Cuando Comte fundamenta los principios de la sociología lo hace desde una perspectiva positivista haciendo de ésta una *ciencia natural de la sociedad* que es capaz de reproducir un sistema de leyes muy similar a los que produce las ciencias naturales.

¹⁹ KANT, Immanuel *Crítica de la Razón Pura*, p. 14

²⁰ HAWKING, Stephen *El universo en una cáscara de nuez*, Editorial Planeta, Barcelona, 2003, p. 32.

²¹ HAWKING, Stephen *Historia del tiempo. Del big bang a los agujeros negros*, Editorial Crítica, Colombia, 1999, p. 81

Comte ubicaba a la sociología en la cúspide dentro de la clasificación de las ciencias puesto que en ella convergen las metodologías y presupuestos de las demás ciencias pero aplicadas al campo del estudio de las relaciones sociales. “El positivismo proporcionaba un plan de base general para la formación de la sociología: es decir, la nueva ciencia de la sociedad tenía que compartir la misma forma lógica global que las demás ciencias, puesto que se había librado de los residuos de la metafísica.”²²

La *física social*, como también la llamaba Comte a la sociología, sigue los parámetros ofrecidos por las ciencias naturales, a saber: la observación, la experimentación y la comparación que buscan controlar y predecir los fenómenos sociales mediante la formulación de teorías. Un ejemplo de la unión entre matemáticas y ciencias sociales lo encontramos en el análisis estadístico el cual pretende explicar o anticiparse a un fenómeno social mediante el análisis de datos matemáticos.

Ahora bien, en el momento en que el hombre entiende la realidad al modelo de una máquina se siente libre de controlarla como mejor le parezca, produciendo así una tecnificación de la ciencia que derivará en una explotación sin medida de la naturaleza y en una instrumentalización de la razón y de las relaciones sociales. La ciencia por su propio método y sus conceptos, ha proyectado y fomentado un universo en el que la dominación de la naturaleza queda vinculada con la dominación de los hombres, haciendo que la tecnología sea una forma, a más de dominio de la naturaleza, una forma de dominio del hombre sobre el hombre.²³

Redescubrir las sombras: el paradigma cuántico

Retomando nuestro relato de los habitantes de la caverna, hemos descubierto que el salir a la superficie ha provocado en ellos la pretensión de conocer más de cerca la realidad que producían las sombras, así como la idea de estar conociendo realmente *la* realidad. Pero este aparente triunfo sobre el mundo duraría poco porque descubrirían que los objetos iluminados, si bien es cierto se los puede conocer más detenidamente, también producen sombras en la superficie y que incluso, cuando se oscurece el día, estos objetos dejan de ser tan claros y pasan también a ocupar un lugar dentro del mundo de las sombras. Para los sujetos que habitaban en la caverna el mundo exterior, la superficie, no es tan diáfana como ellos creían sino que más bien la realidad presenta incertidumbres irrenunciables.²⁴

Cuando la máquina newtoniana del universo parecía imponerse como el modelo más adecuado para explicar la realidad, aparecen, en el campo de la física, nuevos

²² GIDDENS, Anthony *Política, sociología...*, p. 156.

²³ Cf. HABERMAS, Jürgen *Ciencia y técnica como ideología*, Editorial Tecnos, Barcelona, 2002, pp. 58-60. Es importante también tomar en cuenta los aportes realizados por las teorías poscoloniales que miran la colonización como el rostro oculto de la modernización. Para Anibal Quijano los tres frentes del colonialismo, a saber: colonialidad del ser, del saber, y del poder que en latinoamérica han perdurado desde los tiempos de la conquista hasta las actuales repúblicas, son una manifestación de que para que el sujeto europeo se manifieste en cuanto poseedor de la ciencia y por ende dueño de la racionalidad, tenía que excluir a un alguien y en ese proceso de borrar al otro constituirse en cuanto supuesto sujeto de la historia. La ciencia no es un proyecto ajeno a intereses, y en el marco de los proyectos coloniales vemos como la ciencia ha estado al servicio del poder militar, creando nuevos dispositivos de aniquilamiento humano, como también produciendo teorías sociales, políticas y económicas que han provocado el empobrecimiento en latinoamérica.

²⁴ En el relato de Platón cuando el esclavo que salió a la luz decide regresar a la caverna para liberar a sus compañeros, estos no lo entienden, tienen miedo y deciden matarlo. Aunque Platón no lo mencionara, probablemente aquí se halla encerrada una advertencia para aquellos que creen habitar plenamente en la verdad, los fundamentalistas. El rechazo que provoca el fundamentalismo es que se toman “demasiado en serio” algunas ideas y no son capaces de generar cierta distancia con respecto a sus creencias.

descubrimientos que vendrán a revelar una estructura diferente del mundo. Este cambio de matriz epistemológica comienza con los descubrimientos hechos en el campo del electromagnetismo cuando Faraday y Maxwell argumentan que existen otros tipos de fuerzas que explican el comportamiento de los objetos y que son fuerzas que no dependen de la materia sino que forman un *campo de fuerzas* con leyes y dinámicas propias. Además, dentro del ámbito de la termodinámica, se descubre que en todo sistema físico existe una entropía²⁵ que hace que éste sufra un desgaste o pérdida de energía, demostrando así que el universo no es una máquina tan perfecta como se pensaba. La física incluso dejará de trabajar exclusivamente en base a cálculos exactos, sino que utilizará el cálculo estadístico para establecer la probabilidad del acaecimiento de un fenómeno.

Si dentro de la física se proponía la imagen de un universo cuya cantidad de energía útil iba perdiéndose, dentro de la biología se proponía lo contrario, ya que la teoría de la evolución planteada primero por Lamarck y perfeccionada por Darwin daban la idea de una materia que está en constante cambio y transformación pero siempre en un proceso ascendente fruto de la selección natural.

Por lo pronto lo que nos interesa de estas ideas es que la imagen del universo máquina se va abandonando, puesto que para éste la materia era algo dado y perfecto, contrario a lo que proponen la evolución y la segunda ley de la termodinámica (entropía) donde el universo más bien sufre fluctuaciones y se debate entre el caos y el orden. Pero aún así estas tesis son solo los prolegómenos a una verdadera revolución física y de matriz disciplinar que sucederá a partir de la teoría de la relatividad y de la física cuántica.

Cuando Einstein trabajaba en la oficina de patentes de Berna en el año de 1905 escribe unos ensayos que marcarán un giro en la comprensión física de la realidad. Pero es espacialmente a partir del descubrimiento de que la velocidad de la luz es constante independientemente de la velocidad de su fuente²⁶ como Einstein irá reformulando la imagen clásica del universo.

La velocidad constante c de la luz exigió abandonar la idea de una magnitud universal llamada tiempo que todos los relojes pudiesen medir. En vez de esto, cada observador tendría su tiempo personal. Únicamente los tiempos de dos sujetos coincidirían si ambas estuvieran en reposo pero no cuando alguna de ellos está desplazándose. Existe una correlación entre velocidad y tiempo, puesto que si un sujeto se moviera a velocidades cercanas a c el tiempo para él transcurriría de manera más lenta y la visión que tuviera del espacio sería la de los sucesos pasados. Para un observador que mira a un sujeto desplazarse conforme a una velocidad cercana a c lo mirará como una onda de luz roja, si es que se está alejando, o azul si se está acercando.

²⁵ Rudolf Clausius fue el que introdujo este concepto a partir de la integración de dos palabras: energía y tropos (evolución, transformación).

²⁶ Si la velocidad de la luz aumentara conforme a la velocidad de su fuente o la dirección del observador tendríamos casos paradójicos en los que un observador vería fenómenos a destiempo o antes de que realmente suceden. Supóngase la siguiente paradoja: Un sujeto A se desplaza en bicicleta en dirección de un observador O. Al acercarse A, en el cruce de camino, está a punto de chocarse contra una carroza B. A realizará un giro sinuoso para evitar la colisión y saldrá ileso. Suponiéndose que este hecho sucede a velocidades cercanas a la luz donde la velocidad de ésta se suma a la velocidad de desplazamiento de A y B. En este caso al observador O le llegaría primero la luz de A, puesto que éste se dirige hacia él, y luego le llegaría la luz de B, haciendo que O vea hacer el giro zigzagueante de A antes que llegue la carroza. De este modo, lo que fue para A y B evitar un choque, fue para O solo un movimiento sin sentido. La solución de esta paradoja consiste en afirmar que la velocidad de la luz ha de ser independiente de la velocidad del objeto en movimiento.

La confirmación del hecho de que el tiempo transcurre más despacio según sea la velocidad de desplazamiento, ha sido realizada mediante varios experimentos, en uno de los cuales se hizo volar alrededor de la Tierra y en sentidos opuestos dos relojes muy precisos, que al regresar indicaron tiempos ligeramente distintos. Pero es quizá la paradoja de los gemelos la que mejor nos puede ilustrar el modo como el tiempo está relacionado con la velocidad: Supóngase que uno de los gemelos parte a un viaje espacial durante el cual se desplaza a una velocidad próxima a la de la luz, mientras que su hermano se queda en la Tierra. Por el movimiento, el tiempo transcurre más lentamente en la nave espacial que para el gemelo que permanece en la Tierra. Al regreso del viaje, el gemelo que estuvo en la nave espacial constatará que su hermano es más viejo que él.

En cuanto al espacio y a su forma, Einstein planteará cambios que desafían la visión de la física clásica. Si recordamos, para el modelo de Newton, el tiempo y el espacio constituían un fondo sobre el cual se producían los fenómenos físicos pero que no afectaba sobre ellos. Pero, desde la teoría de la relatividad, no existe forma en que un cambio en el espacio no afecte el tiempo y éste adquiriría una forma según sea la curvatura del espacio, aunque siempre mantendría la misma dirección. Así, el tiempo y el espacio pasan a convertirse en participantes activos de los sucesos y no meros espectadores como antes se creía. Por tal motivo Einstein hablaba, a más de las tres clásicas dimensiones de la materia, del tiempo-espacio como elemento constitutivo de la realidad. Si bien es cierto las teorías físicas son válidas para todo y en todo el universo, los resultados y mediciones dependen de la posición y velocidad del observador, es decir, de la categoría tiempo-espacio. La forma como el espacio afecta al tiempo lo podemos ver a través del siguiente *gedankenexperiment* (experimento mental) como acostumbra decir Einstein: Una nave espacial pasa cerca de la Tierra de izquierda a derecha con una velocidad cercana a c . En un extremo de la cabina se emite un pulso que se refleja en el otro extremo. La luz es observada por personas que se hallan en la Tierra y por otras que se hallan en la nave. Debido al movimiento de ésta, no miden la misma distancia para el recorrido de la luz reflejada. Según esto, no deben estar de acuerdo en el tiempo que ha tardado la luz en su recorrido ya que la velocidad de la luz es la misma para todos los observadores.

Otro postulado importante de la teoría de la relatividad y que concierne al espacio es que se abandona la geometría euclídeana desde donde se había construido la física clásica, y se postula un modelo espacial curvo. La distribución de la materia y la energía en el universo deforma y distorsiona el espacio-tiempo de forma que éste ya no es plano. Aunque los objetos intenten moverse por trayectorias rectilíneas por el espacio-tiempo no lo podrán conseguir porque sus trayectorias aparecerán curvadas. La distancia más corta entre dos puntos, desde estos postulados, ya no es la recta, sino la curva. La fuerza de la gravedad sería producto de la deformación del espacio producida por la materia.

En lo que concierne propiamente a la estructuración de la materia, si para la física clásica ésta estaba conformada por partículas sólidas, Einstein cuando descubrió que la luz se mueve a una velocidad constante y que ningún objeto puede trasladarse a una velocidad mayor que c , planteó que la masa de un cuerpo, conforme aumenta su velocidad, también va aumentando, es decir, que un objeto conforme mayor es su velocidad mayor será su masa y por tanto la estructura de su materia se verá modificada cualitativamente. La materia, tal como lo plantea Einstein, tiene una estructura relativa a su velocidad. Y además, la materia es mucho más que una estructura sólida sino que

también es energía. La clásica ecuación $E=mc^2$ viene a indicar que una diminuta cantidad de masa equivale a una enorme cantidad de energía. Las armas nucleares son ejemplo de esto, puesto que en ellas la liberación de la energía nuclear que conforma el núcleo de un átomo radioactivo como el uranio, tiene tanta energía y poder destructor como la totalidad de armas que se usaron durante toda la Segunda Guerra Mundial.

Con los aportes de Einstein se empezó a abrir un nuevo camino dentro de la investigación física: el mundo atómico y subatómico, ya que en este aparecían nuevas claves y paradojas de comprensión del universo que desconcertaban, y todavía lo hace, a los investigadores. Heisenberg comenta que después de las largas conversaciones que mantenía con Bohr sobre el mundo atómico, casi siempre terminaban desconsolados ante el gran misterio de esta nueva realidad que hacía que constantemente se hiciera esta pregunta ¿es posible que la naturaleza sea tan absurda como nos lo parece en los experimentos atómicos? La investigación atómica de inicios del siglo pasado demostró que la realidad no está formada de partículas duras y sólidas sino que está constituida por enormes espacios *vacíos* y por un núcleo y electrones que se mueven alrededor de él y que incluso estos elementos estaban formados por otros elementos más pequeños llamados *quarks*.

Si cuando Hubble descubrió la expansión del universo y puso las bases para la teoría del *big-bang* mediante la cual se descubrió que el universo básicamente está vacío. La física atómica proponía que la realidad, asimismo, es vacía y que la noción de *dureza* que tenemos de los cuerpos sólidos es fruto del movimiento muy acelerado de los átomos que lo conforman. Si por ejemplo aumentásemos el tamaño de un núcleo al de una pelota de baloncesto tendríamos que el electrón que lo conforma, suponiendo que es un átomo de hidrógeno, giraría a su alrededor a una distancia de 30 km, pero ese aparente espacio vacío que existe en él en realidad posee tanta energía que tiene la fuerza de producir una explosión semejante a un *big-bang*. Si la materia es energía, y la materia en esencia es vacía, este vacío encierra mucha energía. El carácter de vacío que tiene la materia hace que incluso dos objetos no lleguen a estar en contacto porque sus átomos no se encuentran por el vacío del que están rodeados. Pero esto que hemos dicho hasta ahora solo nos sirve para adentrarnos plenamente al campo de la física cuántica que ahora vamos a revisar.

La nueva matriz epistemológica que surge más concretamente con los aportes de la cuántica hacen que se abandone la máquina cartesiana del universo para inaugurar un modelo más bien de carácter holista (del griego *holos* que significa totalidad) y de comprensión sistémica de la realidad. Además la ciencia ya no trabaja en base a certezas sino que existe una constante recurrencias a “sombras”, probabilidades o incertidumbres en la construcción gnoseológica y ontológica de la realidad.

En el ámbito de la gnoseología se pone en duda la certeza del conocimiento en base al principio de incertidumbre que Werner Heisenberg planteó. Según este cuanto mayor sea la precisión con que se intenta medir la posición de una partícula, menor es la precisión con que se puede medir su velocidad y asimismo, cuanto más precisa sea la medida de la velocidad de una partícula, menor precisión habrá en la medición de su posición. Podemos graficar el principio de incertidumbre mediante la siguiente comparación: Suponiendo que existe un ciclista que se desplaza por una pista y que para medir su posición o velocidad se va a usar una técnica fotográfica que consiste en elegir un tiempo muy corto de velocidad de disparo de la cámara para precisar su posición o poner más bien un tiempo un tanto largo para medir su velocidad. En el primer caso la foto obtenida será muy nítida lo que nos permitirá determinar con precisión su posición

pero no nos dirá nada sobre la velocidad. Pero, en el segundo caso, la foto obtenida será más bien borrosa pero facilitará la determinación de su velocidad con el consecuente sacrificio de medición de posición. Ahora bien, podría decirse que esta paradoja podría solucionarse si contásemos simultáneamente con dos aparatos fotográficos para así medir la posición y velocidad simultáneamente, pero cuando nos desenvolvemos en sistemas cuánticos no hay forma de aplicar esto ya que el solo acto de observar modifica la realidad observada.

Para comprender más detenidamente este hecho debemos partir de lo que significa un estado físico. Por estado comprendemos una representación matemática, generalmente construida como ecuación, que permite responder cualquier pregunta relevante sobre un sistema y su comportamiento futuro. A partir del estado se pueden conocer los valores que determinados elementos del sistema pueden adquirir. Para un sistema clásico formado por una partícula que se mueve por el espacio, es posible determinar la posición y velocidad de una partícula mediante la aplicación de las ecuaciones de Newton. Para el sistema clásico es posible determinar todas las propiedades del objeto, mientras que el sistema cuántico está fijado por algunas propiedades solamente y las predicciones son probabilísticas en virtud del principio de incertidumbre. Además los resultados obtenidos durante la investigación aporta una información sobre el sistema que es válida para instantes posteriores al registro de los datos, sin que se obtenga información alguna sobre instantes anteriores a la medición o durante ésta puesto que todo experimento implica la interacción entre el sistema que se está observando y ciertos aparatos de medida apropiados y esta interacción implica un intercambio de energía entre el sistema y el aparato. “Por más pequeña que sea el intercambio, el proceso de medición implica una acción [por acción se entiende la capacidad que tiene un sistema para cambiar su entorno y de interactuar con otros sistemas físicos] que, según aquella ley fundamental de la naturaleza, no puede ser menor que \hbar , la constante de Planck.”²⁷ El valor que tiene la constante de Planck es de 10^{-34} joules por segundo. Cualquier medición en un sistema cuántico lo perturbará de tal manera que se borrará toda posible información sobre su estado anterior a la medición. La física cuántica no impide que la medición simultánea de la posición y velocidad de una partícula, más bien afirma que dicha medición está sujeta al error y más bien se la realiza a la forma de un cálculo de probabilidad.

Heisenberg “en términos más precisos demostró que la incertidumbre en la posición de una partícula multiplicada por la incertidumbre en su cantidad de movimiento (masa por velocidad) siempre debe ser mayor que la constante de Planck, que es una magnitud estrechamente relacionada con el contenido de energía de un cuanto de luz.”²⁸ Por ejemplo si tomamos un péndulo podemos decir que su estado más bajo de energía no es aquél en que está en reposo hacia abajo, ya que si este estado implica una posición y velocidad bien definidas, ambas de valor nulo, contradice el principio de incertidumbre, por lo que el estado de energía más baja de un péndulo no tiene energía nula sino que en dicho estado un péndulo, o cualquier sistema oscilante, debe tener una mínima cantidad de energía, haciendo que no necesariamente el péndulo apunte hacia abajo sino que habrá cierta probabilidad de hallarlo formando un pequeño ángulo con la vertical.

Las mediciones que se hacen en un sistema clásico siempre aumentan o dejan constante la cantidad de información que se tenía sobre un sistema. La ciencia

²⁷ DE LA TORRE, Alberto Clemente *Física Cuántica para filósofos*, Fondo de Cultura Económica, México, 2000, p. 57.

²⁸ HAWKING, Stephen *Historia del tiempo...*, p. 42.

evoluciona en la medida en que acumula más información sobre los hechos. Pero, tal como hemos estado viendo, para un sistema cuántico el carácter de la ciencia no es evolutivo, sino que más bien, como diría Popper, *avanza* en cuanto los resultados invalidan los procesos anteriores ya que las mediciones hechas en física cuántica aportan con una información que puede destruir la información anterior en lugar de acumularse. No importa cuán perfecta esté realizada la experimentación, ya que en el momento que hay interacción hay alteración y además debemos tomar en cuenta que todo sistema cambia así que las mediciones obtenidas sobre por ejemplo la posición de una partícula únicamente son válidas para el instante en que se recolectó la información, pero nada impide que la partícula pueda ocupar distintas posiciones e incluso las que menos se esperaría. Richard Feynman, sobre este mismo asunto, contradujo la hipótesis de que cada partícula tiene una historia particular en el momento en que se desplaza, sino que planteó que las partículas se mueven de un sitio a otro a lo largo de cada trayectoria posible en el espacio-tiempo.²⁹

Tal parece que la partícula pierde localidad y se difumina en todas las posiciones adyacentes. La física cuántica permite averiguar la velocidad con que la partícula se va a difundir. “Sucede que, para los objetos que podemos captar con nuestros sentidos, el cálculo indica que tardarán tiempos millones de veces mayores que la edad misma del universo para difundirse en una medida que pudiera ser observada. Muy distinto es lo que ocurre con un electrón, que por estar caracterizado por pequeñísima acción rápidamente se difunde perdiendo la propiedad de localización y adquiere una probabilidad no anula de ocupar distintas posiciones.”³⁰ Observamos que afirmaciones de este tipo desafían el sentido común donde decimos que un objeto está en un lado y no en otro, o siguiendo las leyes de la lógica, decimos que A es igual a A y distinto que B, pero la cuántica nos remite a estados físicos donde existe una probabilidad de que una partícula esté en A y en B.

En cuanto a la construcción ontológica de la realidad descubrimos nuevos cambios que nos aporta la física cuántica en cuanto a nuestra forma de comprender la realidad circundante. Ya hemos estado hablando del carácter difuso que tiene la materia, ahora vamos a revisar más detenidamente el por qué de dicho atributo.

Mediante el siguiente experimento podemos ejemplificar cuál es carácter dual de la materia: Cuando se intentó pasar un conjunto de electrones por dos rendijas de una placa de metal se observó que los electrones en lugar de comportarse como partículas y atravesar una sola rendija, adquirieron las propiedades de una onda y atravesaron ambas rendijas a la vez y en lugar de impregnarse en la pared de fondo en dos columnas paralelas correspondientes a cada una de las rendijas de la placa metálica, se fijaron en la pared como un conjunto de columnas. Este hecho insólito llevó a la conclusión de que la materia a más de comportarse como partícula y estar limitada a un volumen extremadamente reducido, se comporta también como una onda que se difunde a través de una vasta región del espacio-tiempo. La realidad está construida de “ondículas”, es decir, la realidad subatómica es onda y partícula a la vez. Y además, siguiendo el experimento antes citado, cuando los físicos decidieron medir por cual rendija atravesada primero aquel electrón solamente con el acto de observar hizo que aquella partícula dejase de adquirir propiedades de onda y se mueva como una partícula. Esto

²⁹ Hawking y Penrose aplicando este principio a la historia del universo plantean que no existe una única historia del universo sino que existen múltiples historias de éste, donde en una de las cuales el hombre existe y ha evolucionado hasta el estado actual. Tarea de la física es averiguar cuál de esas muchas historias es la más probable.

³⁰ DE LA TORRE, Alberto Clemente *Física cuántica para...*, p. 64

sacó la conclusión que la presencia del en cualquier campo de la realidad hace que ésta se modifique.

En la línea de este mismo experimento, en lugar de usar dos rendijas y pasar electrones, se utilizó solo una rendija y se hizo pasar fotones (que son ondas de luz). El resultado fue que en la pared de fondo se proyectó un punto luminoso, puesto que los fotones estaban actuando como partículas. Pero, al abrir nuevamente la otra rendija se produjo el fenómeno anterior y los fotones volvían a tomar naturaleza de ondas. “Un electrón no es una partícula ni una onda, si bien unas veces tiene aspectos similares a los de una partícula y otra, a los de una onda. Mientras actúa como partícula, puede desarrollarse naturaleza ondulante a expensas de su naturaleza corpuscular y viceversa.”³¹

Las propiedades de los átomos dependen de las condiciones del entorno. El hecho de que adquieran características de partículas o de ondas está en correlación con el ambiente en que se encuentra el sistema. Y específicamente en el campo de la investigación la conciencia humana juega un rol central en la estructuración de la materia ya que determina en gran medida las propiedades de los fenómenos observados. El observador no solo es necesario para observar las propiedades de los fenómenos atómicos, sino para provocar la aparición de dichos fenómenos. Por ejemplo si se decide observar a un electrón como partícula manifestará propiedades de partícula, pero si se decide observarlo como onda manifestará propiedades de onda. No hay propiedades objetivas del electrón, estas están en función de la conciencia del observador. Esto hace que la distinción cartesiana entre mente y materia se vuelva inoperable. La interpretación gnoseológica mantiene que la partícula ocupa un lugar en el espacio-tiempo sin que se logre conocer con precisión donde, mientras que la interpretación ontológica demuestra que la partícula tiene una tendencia a existir difuminadamente a lo largo del espacio.

A más del carácter dual de la materia y de su irrenunciable conexión con la conciencia humana, la física cuántica plantea otro postulado que cuestiona el segundo paso de la duda metódica cartesiana, a saber: la noción de separabilidad. La física clásica se había construido sobre el presupuesto de que la realidad puede ser dividida en partes y estudiada independientemente, pero las investigaciones realizadas revelan todo lo contrario. Mediante el siguiente experimento mental podemos desarrollar otro cambio en la ontología de la realidad.

El experimento llamado EPR (por el nombre de los tres físicos que idearon el experimento: Einstein-Podolsky-Rosen) fue una elaboración teórica que consistió en lo siguiente: suponiéndose que se separasen dos electrones de un mismo átomo al uno se lo encerrara en un laboratorio de New York y al otro se lo llevara a 20 mil millones de años luz de distancia, cualquier cambio o alteración en el movimiento o *spin* del uno influiría directa e instantáneamente en el otro y no porque dicha información pueda viajar a una velocidad mayor a la de la luz, puesto que ninguna entidad lo puede hacer, sino porque ambos electrones forman uno solo. Ahora bien, si reconocemos que en el momento del *big-bang* toda la materia del universo estaba condensada en un solo punto debemos aceptar que todo está unido y la noción de separación y distancia es solo una apariencia. Es más, por el solo hecho de que el cosmos presenta esta característica podemos asumir que la composición de una partícula obedece a las interrelaciones que ésta tiene con el entorno con que se relaciona y que nociones como causalidad son ahora difíciles de suponer puesto que ésta deja de ser lineal, como usualmente se supone, sino

³¹ CAPRA, Fritjof *El punto crucial...*, p. 85.

que la causalidad es una cuestión más de probabilidad que de cadenas causales fijas e inmutables evitando de esta forma usar imágenes deterministas y mecánicas del universo. La física cuántica indica que no se puede analizar el mundo a partir de fenómenos aislados sino a partir de interrelaciones. “El comportamiento de una parte está determinado por las conexiones ilimitadas que ésta tiene con el conjunto y, puesto que es imposible saber con precisión cuáles son estas conexiones, hay que reemplazar la visión clásica y parcial de causa y efecto por un concepto más amplio de causalidad estadística.”³² Para los sistemas cuánticos la no separabilidad implica que cualquier cambio en una de sus partes influenciará directamente sobre las demás ya que toda la realidad forma un todo indivisible, y de ahí que la nueva matriz disciplinar sea eminentemente holista.

Desde esta perspectiva encontramos que el mundo de las relaciones sociales es un entramado complejo de interacciones en base a informaciones que circulan a escala global y que por tanto no es posible establecer leyes fijas e inmutables para el análisis de los fenómenos sociales. Ya no es posible acercarse a la comprensión de las dinámicas sociales desde la posición de aquel observador que mira las cosas de manera externa y al margen de la acción social, puesto que esto es sencillamente imposible. La sola presencia de un sujeto afecta a la forma de relacionarse que tienen los demás participantes de la interacción y por lo tanto el investigador social es aquel que es capaz de construir teoría desde la participación en los fenómenos sociales. Se nos hace difícil aceptar que las sociedades progresen todas juntas hacia una misma forma de organización como la visión mecanicista proponía, puesto que la evolución social, si bien es cierto está sujeta a leyes, la compleja red social evita que caigamos en posturas deterministas, sino que más bien aceptemos la incertidumbre como principio de evolución social.

Queremos concluir nuestro trabajo señalando que mirar el mundo desde la cuántica es reconocer que la realidad sigue presentando *sombras* para la comprensión y que el conocimiento que construyamos sobre la misma siempre será un conocimiento situado. Si bien la idea de alcanzar un conocimiento plenamente “objetivo” de la realidad está descartado, no lo está el hecho de llegar a certezas o a verdades situadas. Las “sombras”, que desde la física cuántica emergen, no hay que entenderlas desde la imposibilidad del conocer, sino desde la parcialidad. Y de ahí se desprende que la participación del sujeto que investiga es un dato no menor en la investigación. Si todo conocimiento es situado hay entonces que analizar desde qué lugar habla el sujeto, para quiénes, con qué objetivos, contra quiénes, etc. El proceso de conocer es simultáneamente un proceso de conocerse.

En los discursos que se plantean la neutralidad del saber es donde más probablemente se esconden intereses por alcanzar la hegemonía. La posición del investigador no es la del espectador que mira el teatro de las sombras de la caverna y es capaz de advertir, desde su lugar, donde está la luz y donde está el engaño; el investigador participa de este mundo y la formulación de los objetos de estudio precisa estar acompañada por un enjuiciamiento crítico de los intereses que se persiguen con la investigación y, situándonos en una perspectiva política, queremos afianzar la idea de que el conocer requiere estar al servicio de la emancipación humana, ser capaz de incidir en las formas locales y globales de organización, en otras palabras, buscar la construcción de una ciencia poscolonial que lucha contra la pobreza, defiende la justicia

³² CAPRA, Fritjof *El punto crucial...*, p. 94.

y promueve el reconocimiento. Según las opciones políticas del investigador se elegirán las sombras y luces que se quieran reconocer.

Bibliografía

- ARAYA MONGE, Rolando *El camino del socialismo cuántico*, Editorial Norma, Colombia, 2006.
- CAPRA, Fritjof *El punto crucial. Ciencia, sociedad y cultura naciente*, Editorial Estaciones, Buenos Aires, 1992.
- DE LA TORRE, Alberto Clemente, *Física Cuántica para filósofos*, Fondo de Cultura Económica, México, 2000.
- GIDDENS, Anthony, *Política, sociología y teoría social. Reflexiones sobre el pensamiento social clásico y contemporáneo*, Paidós, Madrid, 1995.
- HABERMAS, Jürgen *Ciencia y técnica como ideología*, Editorial Tecnos, Barcelona, 2002.
- HAWKING, Stephen *Historia del tiempo: Del big-bang a los agujeros negros*, Editorial Crítica, Colombia, 1999.
- HAWKING, Stephen *El universo en una cáscara de nuez*, Editorial Planeta, Barcelona, 2003.
- KANT, Immanuel *Crítica de la Razón Pura*, Editorial Taurus, Madrid, 2005.
- MARCUSE, Herbert *El hombre unidimensional*, Editorial Ariel, Madrid, 2005.
- SAGAN, Carl *Cosmos. Una evolución cósmica de quince mil millones de años que ha transformado la materia en vida y consciencia*, Editorial Planeta, Barcelona, 1983.
- WAGENSBERG, Jorge, *La rebelión de las formas. O cómo perseverar cuando la incertidumbre aprieta*, 2º Edición, Editorial Tusquets, Barcelona, 2004.
- WAGENSBERG, Jorge, *Ideas para la imaginación impura. 53 reflexiones en su propia sustancia*, Editorial Tusquets, Barcelona, 2006.