Contra qué compite Aquiles o los límites de traducción del lenguaje matemático al lenguaje natural[1]

Julián Pacho

Departamento de Filosofía
UPV/EHU

Reception date / Fecha de recepción: 29-03-2009
Acceptation date / Fecha de aceptación: 22-06-2009

Resumen

La cesura referencial entre el mundo descrito por las matemáticas y el mundo de la experiencia corriente es conocida, al menos, desde las aporías de Zenón. La imagen del mundo de la cultura contemporánea está fuertemente determinada por el conocimiento científico. Las teorías científicas incluyen en su *explanans* un lenguaje matemático cada vez más sofisticado. ¿Puede este lenguaje, aplicado a la descripción y explicación de hechos del mundo, ser traducido al lenguaje natural sin pérdida relevante de significado?

Palabras clave: aporía, lenguaje matemático, Zenón.

Abstract. *Achilles is Competing Against What or the Translation Limits of the Mathematical to Natural Laguage*

The referential caesura between the world described by mathematics and the world of ordinary experience is known at least since Zeno's aporias. The image of the world of contemporary culture is strongly influenced by scientific knowledge. Scientific theories include in its *explanans* a mathematical language increasingly sophisticated. Can this language applied to the description and explanation of facts in the world be translated into natural language without significant loss of meaning?

Key Words: aporia, mathematical language, Zeno of Elea.

Aunque la matemática representa sin duda una de las aportaciones más sofisticadas de la cultura humana, y en ese sentido más alejadas de lo naturalmente dado en contextos onto-epistémicos, no puede afirmarse sin más que la matemática constituya un mundo histórico-contingente, más o menos casual, o por completo cultural o sujetodependiente.

1 Este trabajo ha sido realizado dentro del proyecto de investigación *de la UPV: EHU07/35.*

Los objetos matemáticos (números, enunciados y series de enunciados) exhiben, entre otras, estas sorprendentes propiedades:

i) *Su número es infinito, de suerte que sus límites no son siquiera conjeturables*.

ii) *Son entidades* (incluidos los números irracionales e imaginarios) *con rasgo de necesidad en su estructura y en sus relaciones mutuas, lo que neutraliza toda veleidad subjetiva en su conocimiento*. De ahí se sigue:

iii) *Las entidades matemáticas no son, en propiedad, inventadas, sino que se descubren*.

iv) *Muestran una extraña utilidad para la explicación de la naturaleza* (y, cada vez más, de hechos y estados de cosas humanos). Algunas escuelas filosóficas llegaron a postular que números y relaciones numéricas son rasgos esenciales de la estructura profunda de la realidad. No es sólo la posición pitagórica. Leibniz, en carta al Duque Rudolf August dice "que los números no representan nada más que, tal que un espejo, la creación o el origen de las cosas en Dios [...]. *Essentiae rerum sunt sicut numeri*"[2]". Afirmaciones más o menos equivalentes pueden encontrarse en muchos los físicos destacados, desde Kepler a Einstein. No es sin embargo necesario adoptar esta posición realista para asumir que la explicación de la naturaleza, especialmente la dada por la ciencia moderna, sería imposible sin la complicidad de la matemática.

Las propiedades señaladas son interdependientes. Pero aquí me ocuparé sólo de un aspecto de la matemática relacionado con la última propiedad: su destacada función en las teorías explicativas de hechos del mundo.

En mi exposición no habrá un *quod erat demonstrandum*; sólo habrá un *quod erat monstrandum*. Lo que pretendo mostrar o hacer plausible es que las semánticas respectivas del lenguaje artificial de la matemática aplicado a la descripción y explicación del mundo en la ciencia y del lenguaje natural no tienen siempre dominios coextensivos de referencia, si bien hay dominios de intersección en los que ambos lenguajes compiten como descriptores del mismo dominio ontológico; y que cuando esto último ocurre, una traducción sin pérdida sustantiva de significado es poco probable, si no imposible.

Puede resumirse esta hipótesis de forma más intuitiva (y menos precisa, pero tal vez más clara) diciendo que ningún matemático en su sano juicio apostaría su dinero a favor de la tortuga que compite con Aquiles. Sin embargo, el uso de la matemática en ciencia parece confirmar que hay aspectos o estratos de la realidad en los que sería sensato apostar por la tortuga.

2 Texto en Zacher 1973, 235. Vése también Bredekamp 2006, 109-116.

1. El problema

En *Las refutaciones sofistas*, I, 11, dice Aristóteles que no sería un buen argumento desaconsejar pasear después de la comida basándose en el argumento de Zenón sobre la imposibilidad del movimiento. ¿Por qué? El argumento de Zenón, asegura Aristóteles, no es un argumento útil para un médico, ya que es un argumento de aplicación general.

Esta observación de Aristóteles implica que, en realidad, el Aquiles de Zenón no compite con una tortuga, sino con ciertas propiedades de los números, algo mucho más general y abstracto que la competición de Aquiles y la tortuga o la relación entre la digestión y el movimiento. Pero, entonces, ¿qué vale el argumento de Zenón contra la posibilidad del movimiento si en el mundo físico Aquiles sí alcanza a la tortuga y sigue siendo un buen consejo médico pasear después de las comidas? No pretendo responder en modo directo a esta pregunta. Es una pregunta retórica para sugerir que hay casos de desajuste entre algunos tipos de enunciados matemáticos y hechos del mundo tal y como son percibidos por la experiencia corriente y codificados por el lenguaje natural.

Es, sin embargo, notorio que este desajuste entre las matemáticas y el mundo de la experiencia corriente no desanima ni al matemático ni al físico. Si el matemático no apostaría su dinero a favor de la tortuga, tampoco el físico contemporáneo administraría cianuro a su gato confiando en que, como el célebre gato de Schrödinger[3], estuviera vivo a la vez que muerto pese a haber ingerido el veneno. Y, por esencial que sea la influencia cultural en la evolución del sistema cognitivo individual, tampoco parece probable que los individuos de la especia *homo sapiens* vayan algún día a iniciar su desarrollo cognitivo desde el nacimiento codificando el mundo exterior de acuerdo con la geometría de Riemann o con la física relativista. Teorías como la geometría de Riemann o la teoría especial de la relatividad son adquisiciones culturales muy tardías, que acceden a la descripción y explicación del mundo cuando la menta humana y los lenguajes naturales ya son adquisiciones ancestrales (cf. Langer 1994) de la evolución natural y cultural.

Esta asimetría entre la historia filogenética del sistema cognitivo y la capacidad lingüística, de un lado, y, de otro, la adquisición cultural tardía de teorías físico-matemáticas complejas autoriza a introducir aquí la noción de "*naturalidad epistémica*". Entiendo por tal la proximidad o coherencia de ciertas nociones y teorías bien con los patrones cognitivos heredados filogenéticamente bien con nociones o teorías coherentes con ellos y con los datos de la experiencia corriente. En este sentido la geometría tridimensional sería epistémicamente más natural (o haría menos violencia a la interpretación espontánea del mundo) que la geometría de Riemann. Análogamente, el heliocentrismo sería menos

3 E. Schrödinger propuso 1935 el experimento mental, conocido desde entonces como "el gato des Schrödinger", para ilustrar la incompatibilidad de la mecánica cuántica con la física clásica y la concepción intutiva del universo acorde con la experiencia corriente en diversos textos sobre "*Die gegenwärtige Situation der Quantenmechanik*" (Schrödinger 1935).

natural (epistémicamente hablando) que el geocentrismo, por ser menos compatible con la experiencia corriente. Aunque la noción de naturalidad epistémica requeriría de muchas más precisiones para evitar múltiples malentendidos en su uso, sólo añadiré aquí dicha noción es neutral respecto del valor verdad: ninguna creencia o teoría es verdadera falsa porque sea más o menos natural *sensu epistemico*.

Es evidente que la ciencia más desarrollada y el sentido común, o lo que W. Sellars (1971) denomina la "imagen manifiesta", comparten instancias cognitivas, como, p. ej., secuencias inferenciales, que pueden ser adecuadamente representadas tanto mediante el lenguaje natural como mediante el lenguaje artificial lógico-matemático. Pero esto no garantiza que sea siempre posible trazar puentes semánticamente seguros entre ambos lenguajes y que, como pretende Sellars, pueda hacerse un trasvase de contenidos de uno a otro campo sin pérdida relevante de significado.

No sería posible el trasvase de contenidos o traducción entre ambos lenguajes cuando se dieren conceptos o enunciados matemáticos que despegan del nivel representacional propio del lenguaje natural. Que se dan casos de despegue representacional y en qué consista se muestra mediante algunos ejemplos.

2. *Ejemplos de despegue representacional: De las paradojas de Zenón a la paradoja cuántica*

Los ejemplos que evoco no tienen todos la misma relevancia. Sigo, con independencia de su peso, un orden propedéutico.

- Las *paradojas de Zenón*. El Aquiles de Zenón no compite en realidad con la tortuga, sino con las matemáticas, con la propiedad de las magnitudes aritméticas de subdividirse infinitesimalmente. Los protagonistas reales de esta paradoja son, pues, de un lado, la imaginación acorde con la experiencia corriente (el ágil Aquiles y la torpe tortuga) y, de otro, el artificio matemático (la infinitesimal divisibilidad de cualquier valor numérico atribuido al movimiento). Si como ha sostenido en este congreso J. M. Raimond, el comportamiento del fotón verifica en cierto modo la paradoja Zenón, tendríamos que concluir que esta paradoja (a) es matemáticamente consistente, (b) inconsistente con el ámbito ontológico de la experiencia corriente; (c) consistente con ciertos estados cuánticos.
- La *paradoja del cono seccionado*, formulada por Demócrito. Muestra que si se secciona un cono, las dos caras de la sección no pueden, obviamente, tener la misma superficie, por lo que, tras la sección, el cono no sería un cono, pues tendría una superficie externa escalonada; y si tuvieran la misma superficie, el cono tampoco sería un cono, sino un cilindro.

- El *kiliógono y el miriágono* cartesianos. Para mostrar las discrepancias entre los conceptos construidos por la ciencia y las ideas recibidas de la experiencia (*ideae adventae*), Descartes[4] propuso la imposible experiencia mental de imaginar un kiliógono, i. e., un polígono de mil lados. En tanto que objeto matemático, el kiliógono no plantea a la matemática más dificultades de conceptualización que el triángulo o el pentágono. Pero es imposible distinguirlo mediante la imaginación de un miriágono (polígono de diez mil lados). Con este ejemplo Descartes quería subrayar que la noción científica del Sol y la del lenguaje corriente no son compatibles: ni tienen de hecho el mismo significado y ni son en consecuencia procesables con el mismo instrumental cognitivo.
- El número *googol* o las *magnitudes probabilísticas* necesarias para entender la relación entre azar y necesidad en la evolución biológica y cosmológica. El guarismo denominado *googol* es para los matemáticos el disparatado número 10^{100}. De lo disparatado de este número puede dar idea el hecho de que el número de partículas elementales de todo el universo se estima en *ca.* 10^{81}. Pues bien, en la historia de la evolución de las especies, tras sólo 101 generaciones de antecesores, la naturaleza habría tenido ya 10^{100} ocasiones para obtener una variación genética determinada. Ahora bien, no tenemos a nuestras espaldas filogenéticas 101, sino unas 100.000 generaciones (cf. Calvin 1986, 116th. mile). Estos números son necesarios para explicar científicamente la posibilidad de que, sin "leyes preconcebidas" (Darwin), la naturaleza pueda crear objetos como el ala del vencejo o el ojo de un mamífero. Y esta explicación vuelve obsoletos los conceptos tradicionales de *azar* y *necesidad*, bajo los que sin embargo hemos de construir una explicación del mundo consistente con esa teoría biológica.

Al decir que una teoría científica vuelve obsoletos las conceptos tradicionales de *azar* y necesidad sugiero también que no es seguro que cuando los utilizamos al traducir al lenguaje natural el significado de magnitud probabilística como el *googol* para la comprensión de hechos cosmológicos o biológicos hagamos algo semánticamente más preciso que comparar una sinfonía con un paisaje. Salvo sofisticadas excepciones, los números son siempre unívocos, no son semánticamente ambiguos. En cambio, entre el azar y la necesidad, tal como éstos son pensables y pensados en el lenguaje natural, cabe un número infinito (no determinable matemáticamente) de casos más próximos al azar o la necesidad; casos que obligan a expandir o contraer el significado de esos conceptos, que entonces se vuelve extremadamente gomoso, con una desesperante gradación infinita. La "desambiguación" se consigue sólo si nos trasladamos al lenguaje matemático; o, a la inversa, la ambigüedad sólo se evita si no se hace la traducción al lenguaje natural. No hay ningún término del lenguaje natural que defina con propiedad el estado de cosas referido por un indicador matemático de probabilidad (salvo, tal vez, para probabilidades enteras como 0% ó 100%). Y la aplicación de la lógica borrosa en no es en este contexto un contraargumento: la

4 R. Descartes, *Meditationes*, *Med. sexta*, AT VII, 72, 5-25.

lógica borrosa no es borrosa; tampoco su apliación: lo borroso es siempre la traducción al lenguaje natural, no los algoritmos que definen estados descritos borrosamente mediante expresiones como "un poco alcohólico" o "poco peligroso pero no irrelevante".

Al ámbito del ejemplo anterior pertenece también la historia del conocido caso del *argumento de Balbus*, expuesto por primera vez por Cicerón en el de *Natura deorum*, en favor de la existencia de una causa racional del universo. Este conocido argumento es: por muchos intentos que se hicieran arrojando letras al aire, nunca se llegaría a obtener una obra como los *Anales* de Ennio. Diderot ha desmontado por primera vez este argumento diciendo con ironía que, si él fuera creyente, pondría todo el cuidado del mundo en evitar que tal argumento llegara a oídos del ateo, pues si se eleva suficientemente el número de tiradas, llegará a haber una en la que los *Anales* de Ennio tendrían que darse; y añade que, si se consideran las infinitas posibilidades que contendría un mundo existente desde siempre, las posibilidades de pasar del caos al orden serían también infinitas, de suerte que lo sorprendente no sería el orden del universo, sino que hubiera persistido el caos indefinidamente. En consecuencia, la idea de que no hay reloj sin relojero[5] sólo es válida para la construcción de relojes humanos y el tipo de conocimiento suficiente para ello. Al inicio he afirmado que los dominios de realidad descritos por el lenguaje matemático y el lenguaje natural no son necesariamente coextensivos. De este ejemplo se desprende: hay un segmento del mundo en el que Cicerón tiene razón; hay un segmento en el que tiene razón Diderot, ergo: el ámbito de referencia de ambas teorías es sólo parcialmente coextensivo. No obstante, el ámbito de la teoría de Cicerón es una subconjunto del de la teoría de Diderot. En resumen, el cálculo infinitesimal sería: (a) matemáticamente consistente; (b) inconsistente con los hechos del mundo tal y como los percibe el sistema cognitivo natural activado en la experiencia corriente (en este ámbito le orden complejo no surge espontáneamente del azar; las especien naturales no mutan: son estables, sus descendientes pertenecen siempre a la especie de sus ancestros; tirar letras al alto y esperar obtener poemas en hexágonos y un sólo soneto es sencillamente irracional); (c) es no obstante consistente con ciertos ámbitos de la realidad, tales que procesos de evolución cosmológica y biológica de gran escala.

-*La paradoja cuántica*. Consiste según W. Heisenberg (1977, 139 ss.), en que "todo experimento físico (incluidos los relativos a los átomos) debe ser *descrito* con conceptos de

5 R. Dawkings (1996) ha mostrado cómo es posible explicar la existencia de mecanismos de "diseño complejo" (p. ej. el ojo de los mamíferos) en la naturaleza sin necesidad de apelar a la hipótesis del sabio relojero preexistente. La hipótesis del relojero cósmico, tan de sentido común, fue defendida con éxito a principios del XIX por el teólogo W. Paley en su *Natural Theology* (London 1811): "Supongamos que al ir a cruzar un arroyo (...) en lugar de una piedra hubiese encontrado un reloj y se me preguntase cómo había llegado el reloj hasta allí. Difícilmente se me ocurriría responder (...) diciendo que, hasta donde alcanza mi conocimiento, el reloj habría estado allí desde siempre [como hubiera dicho de una piedra]" (ibi. p. 1).

la física clásica; pero estos conceptos no son adecuados a la naturaleza de los fenómenos a explicar por la teoría cuántica".

Cuando en 1926 Einstein reprochó en Berlín al joven W. Heisenberg que el formalismo matemático de la "mecánica de matrices" propuesto por él para explicar el movimiento de los electrones no era consistente con las descripciones verbales del comportamiento observable de los electrones en la cámara de niebla, Heisenberg (1973, 83) respondió:

> Aún no sabemos en qué lenguaje podemos hablar sobre el acontecer del átomo. Tenemos ciertamente un lenguaje matemático, [...] con cuya ayuda podemos calcular las situaciones estacionarias de los átomos o las probabilidades de transición de un estado a otro. Pero aún no sabemos cómo se relaciona este lenguaje con el lenguaje corriente. Naturalmente que se necesita esta relación para poder explicar los experimentos. Pues de los experimentos se habla siempre en el lenguaje corriente, esto es, en el lenguaje del que hasta ahora se ha servido la física clásica. (...) Sospecho que el esquema matemático es válido, pero su relación con el lenguaje corriente aún no ha sido establecida. Cuando lo hayamos conseguido, entonces tal vez podamos hablar de las órbitas de los electrones en la cámara de niebla sin contradicciones.

No parece que la historia posterior de la teoría haya confirmado la esperanza del joven Heisenberg de que algún día se aclare en qué sentido se ha de relacionar el lenguaje de sus ecuaciones con el lenguaje corriente[6]. No es un problema exclusivo de la mecánica cuántica cómo interpretar la relación entre el formalismo matemático y la descripción realista de los fenómenos a los que se aplica. Pero en la mecánica cuántica se plantea con especial crudeza. Es el caso tal vez de mayor obviedad de *despegue representacional* de una teoría física formulada en un lenguaje matemático complejo.

Desde el nacimiento de la ciencia moderna, las ecuaciones matemáticas son instrumentos imprescindibles del conocimiento científico para explicar hechos del mundo físico. Pero, ¿en qué sentido podría decirse que se piensa el mundo desde o a través de una ecuación matemática? La matemática aplicada en y por la ciencia moderna, ya desde Kepler y Galileo, ha sufrido un claro proceso de desontologización o funcionalización[7]. La matemática es un instrumento imprescindible de la ciencia moderna para *explicar* hechos, pero no es seguro que los *describa* como el lenguaje natural describe hechos del mundo ni que describa los mismos rasgos de la realidad. Pese a todo, los hechos y las relaciones que la física clásica explica con ayuda del lenguaje matemático han sido antes descritos bajo las coordenadas conceptuales del lenguaje natural y pueden ser entendidos después

6 P. Mittelstaedt (1996, 154), tras analizar el problema de la relación entre el aparato matemático y el concepto de realidad en la física cuántica en sus diversas interpretaciones, concluye que "el proceso de objetivación mediante medición [con arreglo a las ecuaciones de la mecánica cuántica] hoy —60 años después del descubrimiento de la mecánica cuántica— aún no se han entendido satsifactoriamente".

7 Sobre la historia del proceso de desontologización o funcionalización de la matemática véase Mittelstraß (1962). Sobre el papel de las leyes de Kepler en este proceso véase Holton (1956) y Pacho (1986).

bajo esas mismas coordenadas de acuerdo con la teoría (cf. Heller 1970). No hay ninguna dificultad en ello porque las ecuaciones de Kepler o de Newton podían entenderse usando los conceptos preexistentes de 'planeta', 'distancia', 'espacio', 'tiempo'. Algunos quedaban ciertamente modificados, pero sus modificaciones eran a su vez pensables o definibles con ayuda del propio lenguaje natural.

Esto no es en cambio seguro en cuanto a los conceptos 'átomo, 'partícula', 'onda', 'duración' y 'simultaneidad', 'distancia' y 'situación', 'impulso' etc., de que se sirve la traducción física de las ecuaciones de la mecánica cuántica. No es seguro que las cosas y los estados de cosas explicados por la mecánica cuántica sean descritos adecuadamente por esos conceptos. Una razón para dudar estriba en que esta mecánica no trata de cosas ni estados de cosas tal como son las cosas y los estados de cosas que se nos dan en la experiencia corriente, y que, al hilo de ella, han ocasionado los conceptos y esquemas conceptuales que ha ido construyendo el lenguaje natural.

Podrá discutirse si estos escrúpulos están justificados o se deben sólo a una deficiente comprensión o interpretación de la mecánica cuántica. Pero es significativo que no se hayan tenido tales escrúpulos y dificultades para representar(nos) el mundo de la física de Aristóteles, la de Descartes o la de Newton mediante las estructuras semánticas y sintácticas del lenguaje corriente. Entre las ecuaciones de la mecánica cuántica y las representaciones posibles con el instrumental conceptual del lenguaje natural parece haber un profundo hiato. Sus resultados no serían, sin más, traducibles a, p. ej., la tabla aristotélica de las categorías. Este sería de hecho el caso si se acepta la interpretación de W. Heisenberg. Las partículas elementales (Heisenberg 1977, 139 ss.) "no son cosas", i. e., no pertenecen a ninguna de las clases de objetos a los que intuitivamente aplicamos el término "cosa", pues no tienen propiedades secundarias (color, sabor, etc.) ni primarias (corporeidad, ubicación, movimiento espacial relativo, etc.)[8].

M. Bunge (1967, 43) ha descrito el problema diciendo que la semántica de uso corriente, natural, de conceptos como 'tiempo', 'espacio' o 'causa', aún válida para la física

8 El formalismo matemático de Heisenberg era ya respuesta a los fuertes indicios de que las realidades subatómicas, tal como afloraban en la teoría, no sólo carecían de cualidades "secundarias" como color, olor, etc. También habían de carecer de cualidades "primarias" como la corporeidad o sustancialidad material, la ubicación espacial, movimiento espacial relativo a un antes y un después...; al menos estas propiedades, de darse, no se comportaban como en los objetos hasta entonces descritos por el lenguaje. O, a la inversa, los términos 'cuerpo', 'ubicación' etc. no podían seguir siendo utilizados con significado unívoco respecto del de su uso en la física clásica y en la experiencia corriente. "El lenguaje formal de la mecánica de matrices —precisa B. Heller (1970, 95)— había disuelto completamente los acontecimientos atómicos en matemáticas y dejado de lado todo residuo de representación o imagen plásticas. Heisenberg podía por eso llegar a afirmar que no existen los átomos en el sentido de objetos corpóreos sensibles, sino que [fuera lo que fueren] éstos deberían ser sustituidos [en la teoría] por símbolos matemáticos, por matrices". Obviamente, objetos así, las matrices, sólo pueden ser objetos de un tipo muy especial de experiencia, de un tipo muy especial de experiencia intelectual, y desde luego no de la experiencia sensible.

clásica, se vuelve extremadamente imprecisa en la mecánica cuántica y llega incluso a hablar de la "inconsistencia semántica" de la física cuántica.

Inconsistente o imprecisa, las dificultades de interpretación evocadas están avaladas por las conocidas controversias sobre la "interpretación *física*" del lenguaje matemático por parte de los propios defensores de la teoría, dentro de lo que después se llamaría "Escuela de Copenhague". Una de sus consecuencias fue justamente la renuncia final a la interpretación física unívoca (o corpúsculos u hondas) de los fenómenos a explicar, lo que equivale a aceptar una considerable indeterminación semántica o, mejor, la inadecuación de los objetos, en virtud de su naturaleza, para ser determinados con precisión mediante los recursos lingüísticos disponibles. Con ello se acepta también limitar la interpretación físico-realista de la teoría mediante el instrumental semántico del lenguaje natural, quedando tal interpretación reducida a un conjunto de "imágenes" con mero valor sugerente, no propiamente descriptivo (cf. Heisenberg 1915).

Llegados a este punto, sería legítimo sostener que la mecánica cuántica es perfectamente realista, sólo que su realismo no es descriptible con el instrumental semántico de los lenguajes naturales. Se estaría diciendo entonces que la teoría es realista, mientras que su interpretación realista en términos descriptivos sería imposible. Algo así se percibe en la posición de Heisenberg. E incluso St. Weinberg (1992, cap. IV), que no comparte la ortodoxia de la Escuela de Copenhague, subraya que "la mecánica cuántica no es imprecisa, por muy extraña que parezca a primera vista, y que sus previsiones son exactas", a la vez que constata que "su descripción meramente verbal sólo transmite, obligadamente, una impresión vaga de aquello de lo que se trata".

Esto es justamente lo que quiere significar Heisenberg al reducir las "imágenes" verbales aplicadas a la mecánica cuántica son meras aproximaciones más o menos alegóricas, pero no descriptivas. Ahora bien, relativizar así el uso descriptivo del lenguaje viene a poner en entredicho el valor referencial preciso de conceptos como *espacio, tiempo, causa, partícula, honda, impulso, situación*, etc. que la mecánica cuántica hereda de la física clásica y ésta del universo mental del lenguaje corriente.

Pero lo que está precisamente en juego es determinar, a tenor de la teoría, la semántica referencial de dichos conceptos. Podrá argüirse que una tarea así no se satisface mediante un regla o una clave de traducción, sino que esa semántica se halla sometida a mutación paulatina al ritmo de las teorías científicas y su sedimentación cultural. Esto es lo que ha ocurrido siempre en la historia de la ciencia. Esta historia es la historia de grandes pero lentas mutaciones semánticas. Piénsese en la gran mutación que la teoría de Darwin induce en la noción de "especie"· Pero hay una diferencia: Darwin pudo definir con cierta precisión en qué consistía la mutación de la noción de especie sin salirse del lenguaje natural. Sin embargo, esto no se ha logrado aún respecto de las nociones concernidas por la mecánica cuántica. Tampoco la construcción de nuevos conceptos a partir del material semántico disponible en las lenguas naturales parece resolver el problema[9]. Construcciones como *Wellikel* (híbrido de *Welle* y *Partikel* propuesto por Edington) sólo ponen en evidencia la deficiencia y desorientación semánticas a la hora de traducir al lenguaje "físico" el núcleo de la teoría. Y la razón es simple: la dificultad no es taxonómica, sino estrictamente representacional, si es verdad que las ecuaciones evocan objetos de un tipo cuyas propiedades no se someten adecuadamente a estructuras categoriales transmitidas por el lenguaje natural. Y precisamente a ello se acogían los críticos de la mecánica cuántica para rechazarla por inconsistente y confusa.

La actitud adoptada ante esta acusación por algunos de los defensores de la teoría, en especial por N. Bohr, fue un compromiso de confesada resignación, consistente en reconocer que el lenguaje natural era necesario pero insuficiente. Heisenberg (1973, 246) pone estas palabras en boca del compatibilista Niels Bohr:

> La teoría cuántica es un excelente ejemplo de cómo es posible entender con completa claridad un estado de cosas o problema mientras que, al mismo tiempo, se sabe que sólo se puede hablar de él en imágenes y mediante metáforas. Las imágenes y las metáforas son aquí, en lo esencial, los conceptos clásicos, es decir, onda y partícula. No encajan en el mundo real [que se desprende del lenguaje matemático de la teoría]. Sin embargo, sólo es posible acercarse con esas imágenes a los hechos reales, puesto que para la descripción de los fenómenos se ha de permanecer en el espacio del lenguaje natural.

Esta interpretación de Bohr se basa en la distinción entre *entendimiento* y *habla*. Viene a decir que la traducción al lenguaje natural traiciona a la mecánica cuántica; es decir, *el lenguaje natural no puede satisfacer el despegue representacional que la teoría lleva a cabo respecto de los campos semánticos procesables mediante dicho lenguaje*. La inconsistencia semántica aludida por Bunge no sería más que una perífrasis abstracta del hecho de que los objetos de esta teoría no se comportan como aquéllos a los que se refiere la semántica del lenguaje natural. Después de todo, si se toma en consideración que la mecánica cuántica se aplica a ámbitos de la realidad de estructura distinta a los propios de la experiencia y el lenguaje corrientes, entonces lo extraño sería que la semántica propia de la teoría no resultara imprecisa e incluso inconsistente desde los parámetros del lenguaje natural.

Ciertamente, esta interpretación no es obligada. Hay otras alternativas. Pero todas las diferentes e inacabables interpretaciones de la mecánica cuántica representan otros tantos esfuerzos por explicar la dificultad de su traducción al lenguaje natural. Una de ellas, muy frecuentada y presentada bajo múltiples versiones, consiste en decir que no son los objetos reales de la teoría los que se comportan de forma extraña, sino la teoría la que se comporta

9 Para superar la indeterminación de la estructura subatómica entre partícula y honda en objetos como los electrones se llegó de hecho a proponer el término *Wellikel* (algo así como 'ondúsculo' u 'ondícula'), híbrido de *Welle* (onda) y *Partikel* (partícula). El término fue propuesto por Eddington (cfr. Heller 1970, 17).

de forma especial, la suya propia, con la realidad. Generalizada, esta postura equivale a decir que cada teoría crea su mundo, que la distinción entre mundo mental y mundo real es atávica, y por tanto también sería equivocado pretender distinguir claramente entre el aparato matemático de la teoría y los objetos físicos del experimento. Ahora bien, si la solución consiste en no separar o distinguir esos dos elementos de la teoría, lenguaje matemático de un lado y objetos físicos de otro, ¿cuál era el problema?

Sostengo que el problema no habría surgido si la mecánica cuántica no se las hubiera con aspectos de la realidad muy alejados de aquéllos para cuya manipulación mental se ha constituido, a lo largo de nuestra historia filogenética, nuestro instrumental representacional, semántico y sintáctico fijado en y por el lenguaje natural. Tanto más sorprendente es que hayamos creado un lenguaje artificial, el matemático, con cuya ayuda tenemos acceso cognitivo a esos extraños objetos o aspectos de la realidad.

La consideración, hoy posible, del lenguaje natural desde una perspectiva evolucionista nos permite saber que y, sobre todo, saber por qué el lenguaje natural no está estructuralmente equipado para la codificación mental de realidades o aspectos de la realidad de los que se ocupan teorías como la mecánica cuántica. Y la razón es bien sencilla: objetos de ese tipo no aparecen en el ámbito de la experiencia para o en cuyo procesamiento el lenguaje natural se ha gestado y ha desarrollado su semántica, sus estructuras categoriales, es decir, sus "esquemas conceptuales" más básicos (entendidos éstos no como esquematizaciones del mundo hechas con conceptos, sino como esquemas o patrones para construir conceptos y procesarlos). La física cuántica representaría entonces uno de los artificios menos conexos con el mundo mental categorialmente pre-estructurado en el lenguaje natural, como cabía esperar del hecho de que sus objetos son de los más ajenos al tipo de los de la experiencia corriente. El lenguaje heredado de nuestros ancestros no surgió para describir objetos y estados cuánticos. Desde este punto de vista resulta plausible que la cultura hubiera de construir accesorios sofisticados para relacionarse cognitivamente con esos objetos y estados de cosas; accesorios como las sofisticadas matrices cuánticas. Y también resulta desde ese punto de vista plausible que su valoración epistemológica sea discutida.

El sólo hecho de que la "paradoja cuántica" haya sido percibida es sin duda indicio de que la IC que esta teoría implica se encuentra al límite de la tolerabilidad en lo que atañe a la transgresión de algunos esquemas o patrones bien poco superficiales de la forma en la que es posible pensar el mundo con los medios propios del lenguaje natural. La audacia de la mente humana proponiendo mundos teórico, como el de la mecánica cuántica (capaz a la vez de retar nuestra competencia lingüística para representar adecuadamente sus objetos y manipular con tanta precisión y eficacia, explicativa y tecnológica, el mundo exterior) es proporcional a la capacidad de esta misma mente para liberarse de sus más naturales hábitos, adquiridos o innatos.

3. Algunas Implicaciones o Conclusiones

1ª Es un hecho históricamente constatable que las teorías científicas son cada vez menos contemporizadoras con las actitudes, procedimientos y contenidos de lo que he sugerido bajo la noción de "naturalidad epistémica". Los mundos mentales construidos por la ciencia se distancian cada vez más de los mundos mentales derivables de la experiencia corriente y *pierden progresivamente por tanto en intuitividad o naturalidad epistémica*.

2ª En este distanciamiento desempeña un papel fundamental el uso de enunciados matemáticos en el *explanans*, en el corpus explicativo, de las teorías científicas.

3ª El uso de enunciados matemáticos en el *explanans* de las teorías científicas introduce elementos semánticos que no responden a los parámetros representacionales del lenguaje natural (*despegue representacional*). La referencia de términos y enunciados matemáticos en contextos explicativos, sean o no traducidos al lenguaje natural, no está siempre semánticamente garantizada por la mera compresión del lenguaje natural.

4ª El lenguaje artificial de la matemática y el lenguaje natural no tienen por qué tener (y probablemente no tengan) siempre dominios coextensivos de referencia.

5ª En consecuencia, la ontología (qué sea el mundo) conocida por los humanos tras la aparición de la ciencia moderna no podría ser descrita de manera completa por el lenguaje natural (y caso tampoco por el lenguaje matemático).

6ª Que ambos lenguajes no tengan, en cuanto a su aplicación, dominios ontológicos coextensivos no excluye que haya amplios subdominios de intersección, en los que ambos lenguajes compiten, bien de manera justificada, bien por inercia cultural.

7ª La historia de la ciencia muestra que cuando 6ª es el caso, una traducción del lenguaje matemático al natural sin pérdida sustantiva de significado puede llegar a ser poco probable, si no imposible.

8ª Esta dificultad de traducción sería proporcional a la conjunción de dos factores interdependientes: (a) el alejamiento del ámbito ontológico concernido respecto del propio de la experiencia corriente; (b) la complejidad matemática exigida por ese ámbito ontológico para su explicación. Ambos factores convergen de forma ejemplar en el "despegue representacional" de las teorías científicas que necesitan en su *explanans* de un sofisticado aparato matemático.

Referencias

Audretsch, J & Mainzer, Kl. (eds.) (1996). *Wieviele Leben hat Schrödingers Katze?. Zur Physik und Philosophie der Quantenmecjanik,* Sopektrum Akademischer Vrl, heidelberg, Berlin, Oxford.

Bredekamp, H. (2006). "Leibniz' transmathematische Schau", *Debate, Heft 4: Mathematisierung der Natur*, Berlin-Brand. Ak. Der Wissenschaften, Berlin, 109-116.

Bunge, M. (1967). "Quanta y Filosofía", *Crítica*, 1, 41-64.

Calvin, W. H. (1986). *The River that Flows Uphill,* Seatle.

Dawkings, R. (1996). *The Blind Watchmaker*, New York: W. W. Norton & Company.

Heisenberg, W (1977). "Sprache und Wirklichkeit in der modernen Physik", en: *Physik und Philosophie*, Frankfurt-Berlin-Wien.

Heisenberg, W. (1925). "Über den anschauunglichen Inhalt der der quatentheoretischen Kinematik und Mechanik", *Zeitschrift für Physik*, 33, 879-893.

Heisenberg, W. (1973). *Der Teil und das Ganze. Gespräche im Umkreis der Atomphysik*, dtv, München.

Heller, B. (1970). *Grundbegriffe der Physik im Wandel der Zeit,* Vieweg, Braunschweig.

Holton, G. (1956). "Johanes Kepler's Universe: Its Physics and Metaphysics", *American Journal of Physics*, 24, 340-351

Leibniz, W. (1696). carta a Herzog R. August, 8.5.1696, en: J. H. Zacher (1973, 235).

Mittelstaedt, P. (1996). "Objektivität in der Quantenphysik", en Audretsch & Mainzer (1996, 125-155).

Mittelstraß, J. (1962). *Die Rettung der Phänomene, Ursprung und Geschichte eines antiken Forschungsprinzips*, Berlín.

Pacho, J. (1986). *"Protofísica y fundamentación en la astronomía de Johanes Kepler"*, Actas del Congreso de Historia de las Ciencias, San Sebastián , 327-344.

Paley, W. (1811). *Natural Theology*, London.

Schrödinger, E.(1935). "Die gegenwärtige Situation der Quantenmechanik", Die Naturwissenschaften, vol. 23, 807-812, 823-828, 844-849.

Sellars, W. (1971): "La filosofía y la imagen científica del hombre", en Ciencia percepción y realidad, Tecnos, Madrid, 9-49.

Weinberg, St. (1992). *Dreams of a Final Theory*, New York.

Zacher, J. H. (1973, 235). *Die Hauptschriften zur Dyadik von G. W. Leibniz*, Franfurt.