

# CONTRA EL LIBRE ALBEDRÍO EN EL MARCO DE LAS CIENCIAS NATURALES CONTEMPORÁNEAS

Martín López Corredoira. Universität Basel, Suiza

**Resumen:** La afirmación del libre albedrío (entendido como que el sujeto trasciende a la Naturaleza) en nombre de los conocimientos científicos del siglo XX, por contra a la perspectiva del materialismo científico de los s. XVIII-XIX, es analizada y rebatida en el presente artículo. La hipótesis reduccionista no encuentra obstáculo alguno en las ciencias naturales contemporáneas. El determinismo de la física clásica es irrefutable, a no ser que se refute a la misma física clásica. Desde la formulación de la mecánica cuántica, algunos autores argumentan que el libre albedrío es posible porque hay un indeterminismo ontológico en las leyes naturales, y que la mente es la responsable del colapso de la función de onda de la materia que trae como consecuencia una elección entre las diferentes posibilidades para el cuerpo. Sin embargo, aquí defiendo la tesis opuesta porque indeterminismo no implica libre albedrío, y las consideraciones acerca de una mente autónoma enviando órdenes al cuerpo están en contra de las teorías neurológicas o evolutivas acerca de los seres humanos. Se puede interpretar la teoría cuántica de la medida sin la intervención de mentes humanas, pero otros campos de la ciencia no pueden contemplar el escenario mentalista. Una visión fatalista o materialista, que niega la posibilidad de un libre albedrío, tiene por tanto mucho más sentido en términos científicos.

**Abstract:** The claim of the freedom of the will (understood as an individual who is transcendent to Nature) in the name of XXth century scientific knowledges, against the perspective of XVIIIth-XIXth century scientific materialism, is analyzed and refuted in the present paper. The hypothesis of reductionism finds no obstacle within contemporary natural sciences. Determinism in classical physics is irrefutable, unless classical physics is itself refuted. From quantum mechanics, some authors argue that free will is possible because there is an ontological indeterminism in the natural laws, and that the mind is responsible for the wave function collapse of matter, which leads to a choice among the different possibilities for the body. However, here I defend the opposite thesis because indeterminism does not imply free will, and because the considerations about an autonomous mind sending orders to the body is against neurological or evolutionary theories about human beings. The quantum theory of measurement can be interpreted without the intervention of human minds, but other fields of science cannot contemplate the mentalist scenario. A fatalistic or materialist view, which denies the possibility of a free will, makes much more sense in scientific terms.

## 1. Introducción

La negación del libre albedrío en nombre de los conocimientos científicos es una cuestión ya zanjada, en mi opinión, por muchos autores del s. XVIII y XIX. Sin embargo, el siglo XX ha aportado muchos nuevos defensores del libre albedrío en el marco de las ciencias naturales contemporáneas, con lo cual parece conveniente repasar la cuestión. En este artículo pretendo argumentar en contra de esas posiciones libertarias. En vista

de la proliferación desmesurada de trabajos que abusan de la terminología científica para referirse a temas metafísicos como el de la libertad, me parece conveniente revisar los argumentos contra el libre albedrío dados por filósofos fatalistas clásicos como Hobbes, Spinoza o Schopenhauer, así como estudiar las aportaciones de esa nueva ciencia en lo que atañe al tema. Para ello, trato temas que están muy en boga dentro de la ciencia actual: mecánica cuántica, termodinámica de procesos irreversibles, caos, neurología, evolución, etc. y examino las ideas de autores como Bohr, Heisenberg, Boltzmann, Maxwell, Einstein, Prigogine, Penrose, Eccles, Crick, Popper, y de diversos otros científicos y filósofos del último siglo. La idea principal de este artículo es defender que la ciencia del siglo XX no ha abierto nuevas puertas al libre albedrío o al dualismo-mentalismo en contra de lo que proclaman algunos otros autores contemporáneos (Penrose, Prigogine, etc.).

La *perspectiva contemporánea* no es una forma de pensar única pues, no sólo históricamente sino fijado un tiempo como es el actual, hay gran cantidad de líneas argumentales de muy diversos tipos, a veces disparamente opuestas. No se puede hablar de un pensamiento contemporáneo, o de la idea que se tiene actualmente acerca de un concepto, y menos aun si se trata de un concepto tan filosófico como el de la libertad en el que de ningún modo hay un consenso, ni lo hubo, ni será fácil alcanzarlo, aunque no tiene por qué ser imposible. Lo que haré será centrarme en un modo de pensar el mundo, que dicho sea de paso es precisamente el que pretendo defender, como es usual hacer. El ámbito contemporáneo donde quiero centrar la discusión es el de los científicos, el pensamiento científico. Tampoco el pensamiento científico es único, pero al menos he restringido en una buena parte la cantidad de posibilidades. Y digo «ciencia» en un sentido bastante restrictivo. Entendiendo ésta dentro de un contexto positivista clásico como el de Comte (1842) restringido a las *ciencias naturales*, no en el sentido amplio que se le da en la actualidad, en la que la palabra recoge casi cualquier manifestación del saber humano incluidas ciertas humanidades, donde la característica general del conocimiento científico que se hace valer es la independencia de las opiniones particulares y la búsqueda objetiva de un consenso general sobre ese conocimiento (Ziman 1968) Me refiero a la física, química, biología, geología, astronomía y similares. No me refiero por tanto a las ciencias formales, como la lógica y las matemáticas ni a las ciencias sociales, como la sociología o la economía, que son recogidas por Comte como ciencias pero se salen fuera de las ciencias naturales. Y no me refiero a la psicología ni a lo que en general se denomina como ciencias cognitivas, alejadas de lo que clásicamente se podría entender por ciencia.

Realmente, el presente artículo no es una propuesta de usar la ciencia para resolver un problema metafísico de una vez por todas; el propósito es simplemente interpretar la posición científica en la actualidad concerniente al libre albedrío. Por supuesto que hay otros tipos de análisis aparte de las interpretaciones de los resultados científicos, pero no son el tema de este artículo. Pienso que las humanidades, lejos de las ciencias puras, tienen mucho más que aportar al tema. Hay lúcidos análisis del hombre dentro del panorama literario, por ejemplo, donde, según los casos, se aprecia la independencia de los seres humanos frente a su entorno o no. Hay grandes trabajos de historia que señalan las causas de la humanidad para moverse en determinadas direcciones. Hay, en fin, múltiples facetas intelectuales que arrojan luz al problema. Las ramas de la filosofía alejadas del conocimiento de las ciencias pero cercanas a la historia, la política y la sociología aportan también con sus enfoques visiones clarificadoras al señalar la represión del

individuo inmerso en una sociedad totalizadora o su manipulación en el medio del panorama capitalista. Tales fuerzas oscuras, relacionadas con la fatal voluntad de poder que empuja a los seres humanos, se relacionan con la fatalidad de la naturaleza humana, parte del «*fatum*» de un cosmos mecánico, cuyas leyes se extienden desde los sistemas más sencillos a los complejos mecanismos de la mecánica social. Todo esto es muy interesante pero, sin embargo, aquí me voy a restringir a las ciencias naturales exclusivamente, porque su análisis puede ser más preciso y con argumentos racionales más claros, y porque este planteamiento es suficiente por sí solo para la argumentación contra el libre albedrío.

Las ciencias naturales permiten conocer al ser humano. Éstas no tienen la solución correcta a todo, pero el conocimiento del ser humano no les está vedado. Se puede hablar de él en términos científicos como se habla de otros objetos de la naturaleza y, aun en caso de que no se pueda, la misma ciencia puede investigar qué aspectos se salen del marco empírico. El planteamiento científico mismo se mostraría capaz de dilucidar en qué momento se puede hablar de materia ordinaria bajo el punto de vista de la física, o cuándo habría que hablar de otro tipo de sustancias, comportamientos, movimientos,... que se escapan a las leyes ordinarias. Es lícito sin embargo dudar acerca de la capacidad de la ciencia para ello, y eso es precisamente lo que voy a plantear.

Hay cierto consenso dentro del mundo científico en general. Juntar hoy en día ciencia y libertad (según la definición de la sección 2) es lo mismo que cuestionarse, tal y como hace G. P. Scott (1985) a lo largo de todo su libro *Atoms of living flame: «¿Cómo pueden los deseos controlar los átomos?»*. El cuerpo del hombre está constituido por átomos, nadie duda de esto en el marco de la ciencia contemporánea, y sus actos implican el movimiento de tales átomos. La única posibilidad de libertad en el hombre pasa por el movimiento de la materia que conforma su cuerpo según órdenes del propio querer autónomo del individuo en vez de las leyes de la naturaleza. De ello tratará este artículo.

«*Los hombres deberían saber que del cerebro, y nada más que del cerebro, vienen las alegrías, el placer, la risa y el ocio, las penas, el dolor, el abatimiento y las lamentaciones*»—decía Hipócrates hace unos dos mil quinientos años. Esta afirmación podría también salir de la boca de un científico materialista de hace dos o tres siglos. Así La Mettrie afirma:

«...si lo que se piensa en mi cerebro no es una parte de esta víscera y, por consiguiente, de todo el cuerpo, ¿por qué cuando, tranquilo en mi cama, trazo el plan de una obra o sigo un razonamiento abstracto, mi sangre se calienta?(...) Porque, en fin, si la tensión de los nervios, que constituye el dolor, causa la fiebre por la cual el espíritu se turba y no tiene ya voluntad, y si, recíprocamente, el espíritu que trabaja demasiado perturba el cuerpo y enciende ese fuego de consunción que se llevó a Bayle en una edad tan poco avanzada, si tal titilación me hace querer, me fuerza a desear ardientemente aquello de lo cual no me preocupaba en absoluto un momento antes, si a su vez ciertos rastros en el cerebro provocan el mismo prurito y los mismos deseos, ¿por qué duplicar lo que es evidentemente uno?» (La Mettrie 1749)

La Mettrie era médico y conocía de primera mano lo que es un ser humano y cómo funcionan sus mecanismos. También fue médico el pensador alemán del s. XIX Büchner que en su obra *«Fuerza y materia»* (Büchner, 1855, cap. 7) afirma:

«Todo cuanto hemos dicho al hablar de las relaciones de la fuerza y de la materia, nos conduce a afirmar que las leyes naturales y racionales son siempre idénticas. Lo que llamamos espíritu, entendimiento, inteligencia, se compone de fuerzas naturales, aunque combinadas de una manera particular, que por su parte, y como cualquier otra fuerza natural, sólo puede manifestarse en ciertas y determinadas materias. Hallándose éstas combinadas en la vida orgánica de un modo indefinidamente complicado y bajo formas particulares, producen efectos que nos parecen a primera vista maravillosos e inexplicables, mientras que los procedimientos y efectos todos del mundo inorgánico son infinitamente más sencillos, y por consiguiente más fáciles de comprender. En el fondo, sin embargo, es siempre la misma materia, y la experiencia nos enseña a cada paso que las leyes de la inteligencia son las leyes del mundo.»

El fatalismo de la ciencia clásica se recoge en expresiones inspiradas por la física de Newton como:

«Una inteligencia que en un momento determinado conociera todas las fuerzas que animan a la Naturaleza, así como la situación respectiva de los seres que la componen, si además fuera lo suficientemente amplia como para someter a análisis tales datos, podría abarcar en una sola fórmula los movimientos de los cuerpos más grandes del universo y los del átomo más ligero; nada le resultaría incierto y tanto el futuro como el pasado estarían presentes ante sus ojos.» Laplace (1814, «De la probabilidad»)

Y ahí es donde surge el tema de este artículo. ¿Ha cambiado en algo la perspectiva de la ciencia con respecto a la posición del hombre dentro de la naturaleza de Laplace, o La Mettrie, etc.? Fundamentalmente distingo cuatro tipos de respuestas ante el planteamiento clásico:

—Compatibilista. Se habla de que el Universo Laplaciano no es incompatible con un cierto tipo de libertad. A ello respondo en la sección 2.

—No-reduccionista. La libertad del hombre se salva porque el hombre no es reducible a un conjunto de átomos. A ello respondo en la sección 3.

—La física clásica no es determinista. Por ello el planteamiento de Laplace era incorrecto. A ello respondo en la sección 4.

—Hay un indeterminismo y subjetivismo ontológicos en la nueva física cuántica. Dentro de esta nueva representación de la ciencia, hay lugar para el libre albedrío. A ello respondo en la sección 5.

## **2. Definición de libertad o libre albedrío**

Antes de dar un paso más en este trabajo, hay que aclarar el significado del término referido.

*Libertad* o *Libre albedrío*: origen espontáneo, incondicionado, sin antecedentes causales ajenos a nosotros, de lo que podemos desarrollar conscientemente: movimientos, opciones, pensamientos, sentimientos,... Es una capacidad de generación o de ser origen de nuestros movimientos, opciones, etc. a partir de la nada, es decir, ser causa primera de lo que

podemos desarrollar. Se trata de una hipotética capacidad personal para elegir opciones y por tanto acciones. La elección procede de nuestra espontaneidad, y la motivación externa de la elección no puede ser tal que nos lleve a escoger un camino y rechazar otro. El trasfondo deliberativo de nuestros actos se eleva al estatuto de causa. Ser libre consiste en tener una fuente interna totalmente desgajada de la naturaleza que produzca «algo» que desencadene nuestros movimientos, opciones, etc. La naturaleza no es «Yo», y «Yo» no soy la naturaleza. Los fenómenos son de por sí, y la identidad del hombre, de ser algo, será distinta de la identidad del fenómeno. La universalidad del fenómeno debe exceptuarse en el ser humano si es que realmente éste quiere llamarse libre. Poseer libre albedrío es ser algo que no estuviese ya contenido en el Universo y sus leyes que preceden a nuestra existencia particular. Se trata de un significado de libertad que nos habla de la relación hombre-Universo, de la posibilidad de sustraerse de un orden cósmico ajeno a nosotros. Al igual que se dice que una comunidad tiene autonomía en ciertas competencias con respecto a un estado mayor cuando puede elaborar sus propias leyes en esas competencias, el ser humano será llamado libre en un determinado tipo de actos cuando las leyes por las que se rigen éstos sean autónomas con respecto a las leyes de la naturaleza, es decir, sean de elaboración propia y ajenas a la naturaleza. De este modo, el «Yo» se distancia del cuerpo y su circunstancia.

Esta definición es típica de la tradición idealista, que relaciona el libre albedrío con la acasualidad (por ejemplo, Kant 1788). La idea de libre albedrío en los seres humanos se opone a la de hombre-máquina típica del materialismo francés, por ejemplo en *L'Homme Machine* de La Mettrie (1749).

No se tratan aquí otros temas en relación con la palabra «libertad». Hablo de algo de lo que es posible hacer un análisis y que se sepa lo que significa, no de poesía ni de pensamientos confusos. No trataré de sentimientos, la libertad como sentimiento que cada uno siente para sí mismo. Me centraré además en autores que hablan explícitamente de la naturaleza en vez de referirse a la omnipotencia de Dios. No me referiré a posiciones que parten de la ética/moral, pues éstas no son ontología, y se trata de discutir sobre el ser, no sobre el deber-ser. No me referiré a la libertad de poder ejercer unos derechos. Tampoco me referiré a lo que «podría querer» en potencia, sino a la libertad de querer en acto. Y cabe resaltar que *no me ocupo de la cuestión de poder hacer lo que uno quiere hacer* («libertad de hacer»). Los llamados compatibilistas, cuando no caen en un dualismo no-explicito (con lo cual sería realmente un incompatibilismo, pues mente y cuerpo residen en dos realidades diferentes) suelen optar por defender este tipo de libertades, que son «compatibles» con un Universo Laplaciano regido por leyes físicas deterministas (Pérez Chico & López Corredoira 2002). Éste es un problema muy simple y tiene una solución muy sencilla: por supuesto que somos libres en ese sentido a menos que algo o alguien nos impida hacer lo que queremos (por ejemplo, si estamos en la cárcel). Esa libertad la tiene cualquier bestia no enjaulada sobre la tierra, cualquier persona manipulada en una secta tiene también esa clase de libertad porque «hace lo que quiere». Igualmente, cualquier persona manipulada por los medios de comunicación en nuestros tiempos de capitalismo y democracia también sería libre en ese sentido, porque hace y compra y elige lo que quiere y cree como suyo su querer. Mas ¿no resulta un poco chocante el llamar libre a un títere, una marioneta en las manos del destino?

«...los caballos, perros y otras bestias a menudo vacilan ante el camino que van a tomar, retrocediendo el caballo al percibir una figura extraña y avanzando de nuevo para evitar la espuela. ¿Y qué hace el hombre que delibera sino ora proceder a la acción ora retraerse, según lo atraiga la esperanza de un mayor bien o lo aleje el miedo de un mal mayor?» Hobbes (1654, pp. 136-137 de la versión española.)

La cuestión aquí suscitada es algo más profundo: me pregunto si uno realmente quiere lo que quiere («libertad de querer»), si el origen del querer es mío o es un efecto de las leyes de la naturaleza; si hay un «ego» separado de la naturaleza o somos títeres de la misma. Esta cuestión tiene una solución menos trivial y es el tema al que se refieren muchos filósofos clásicos cuando debaten acerca de la libertad; Hobbes (1654), Spinoza (1677) o Schopenhauer (1841) son ejemplos a destacar. Quien pretenda quedarse en una visión superficial, ingénuo, quien pretenda ver las «apariencias», que se dé por satisfecho con esa «medio verdad-medio mentira» encontrada de la libertad de hacer. Ahora bien, quien pretenda aproximarse a la verdad lo máximo que puede alcanzar el intelecto humano actualmente, quien quiera comprender los mecanismos ocultos que se hallan tras las apariencias, quien conciba la filosofía como una profundización exhaustiva de las cosas, entonces verá que el problema por el que merece la pena preocuparse es el de la «libertad de querer». Hay quien piensa que los Reyes Magos de Oriente traen juguetes a los niños, y se queda con esa «medio verdad-medio mentira», que no es una verdad completa hasta que no se tenga claro que son los padres de los niños los que traen los juguetes haciéndose pasar por los Reyes Magos. Del mismo modo, hay quien piensa que la autoconciencia nos trae el regalo de la elección libre, pero no es cierto del todo; realmente, es la naturaleza que se ha disfrazado de autoconciencia la que está eligiendo. Los regalos se pueden disfrutar igualmente, provengan de donde provengan, pero en el segundo caso nos convertimos en adultos que han superado viejos residuos mitológicos.

Muchos autores modernos pueden considerar esta noción de libertad un tanto caduca, propia del idealismo alemán y ajena a la filosofía actual. Sin embargo, me parece a mí que no se le puede restar importancia a la influencia que sobre la filosofía actual tiene Kant y seguidores en el tema del libre albedrío. Y no es suficiente con decir que el concepto dado de libertad es propio de idealistas. Bajo mi punto de vista, es un concepto claro y que quiere expresar algo no inmediato, por contra a lo que es la «libertad de hacer». Me parecería propio que se criticase esta definición de libertad ligado al concepto de sujeto trascendental si a cambio se diese otra definición clara que expresase qué es una volición libre, y no se líe y relle la cuestión hasta que no se sepa de qué va, tal y como dice Schopenhauer en:

«La pregunta por la libertad de la voluntad es realmente una piedra de toque sobre la que se pueden distinguir los espíritus que piensan profundamente de los superficiales, o bien un hito donde ambos se separan, al afirmar los primeros en su totalidad el necesario producirse de la acción con un carácter y motivo dados, mientras que los últimos mantienen junto con la gran masa la libertad de la voluntad. Luego hay todavía una clase intermedia que, sintiéndose confusa, se bambolea a un lado y otro, cambia su propio objetivo y el de los demás, se refugia en palabras y frases, o lía y relle la cuestión hasta que ya no se sabe de qué va.» (Schopenhauer 1841, pp. 90-91 de la versión española.)

Con estas palabras, no es mi intención restarle importancia a todos los demás trabajos que hablen sobre otros conceptos con los nombres de «libertad» a lo largo de la historia de la filosofía, aunque sí he pretendido mostrar que su enfoque no habla de lo que me parece interesante hablar. Pretender dar una descripción global de las discusiones sobre la libertad en toda la historia de la filosofía es algo que se aparta del propósito del presente trabajo y aun del de cualquier obra de esta extensión, pues es altísima la cantidad de filósofos que han utilizado esta palabra y también muchos los trabajos dedicados al tema. Existen, por otra parte, diversas obras compilatorias que pueden serle útiles a quien busque el conocimiento enciclopédico sobre el tema que nos ocupa: el trabajo de Adler y colaboradores (Adler, ed., 1973), por ejemplo; o la monumental obra en cuatro tomos de Vallejo Arbeláez (1980) por citar algún ejemplo más dentro de la lengua española. Por ello se ciñe este artículo a la definición dada, por ello y por dos razones importantes: 1) porque realmente creo que el tema de la libertad es el que corresponde a la definición dada; 2) porque esta acepción de libertad es la que van a utilizar los que la defienden en el marco de las ciencias naturales contemporáneas.

### 3. Reduccionismo ontológico

*Reduccionismo* (o no-emergentismo): el todo es el conjunto de las partes y sus interacciones. Debemos entender el «es» en el sentido usual de ser o existencia ontológica. «Conjunto» es sinónimo de reunión o suma. «Partes» hace mención a una partición o fragmentación arbitraria siempre que uno incluya todos los elementos existentes, aunque esta división no tiene por qué ser inherente al propio ser sino conveniente o enfocada desde un punto de vista subjetivo cualquiera. Lo ontológico es el todo y su equivalencia con la suma de las partes y sus interacciones; la propia división es una representación mental que no tiene valor de realidad. Las nuevas propiedades del todo se derivan (no emergen) de las de los sistemas interactuantes más simples que lo componen y las leyes que los gobiernan.

Dado que no se especifica a qué nivel de partición se refiere, se entiende que puede ser cualquier. Es decir, el todo está compuesto de unas ciertas partes en un determinado nivel de partición y esas partes están compuestas a su vez de subpartes, etc. El todo puede ser todo el Universo, pero también podemos tomar una de sus partes –por ejemplo, una estrella– y aplicarle el mismo reduccionismo. Cabe también mencionar la propiedad transitiva de la reducción: si un sistema se reduce a unas partes y esas partes se reducen a subpartes, entonces el sistema se reduce a las subpartes.

La definición hace referencia a la ontología, a lo que son las cosas en sí, no a la epistemología, lo que conocemos de las cosas. Así ha de entenderse en esta sección el término reduccionismo. Por tanto, podría llamarse «reduccionismo ontológico» para diferenciarlo de otras propuestas. Se suele confundir el reduccionismo ontológico con el epistemológico. A veces, se entiende por reduccionismo el uso de los mismos términos en cualquier área científica, algo que no debe ser confundido con aquello a lo que me vengo refiriendo. Tampoco debe confundirse con tomar las propiedades cualitativas de los objetos simples de la física como único elemento en la ciencia. El reduccionismo epistemológico se refiere a que las ramas de la ciencia son todas casos particulares de las leyes formuladas por la física (Ayala 1983), pero no se pronuncia acerca de la realidad en la naturaleza de esa

reducción. Por ejemplo, un reduccionismo epistemológico pronunciaría que todo es cuestión a tratar por los físicos, mientras que el reduccionismo ontológico diría que todo es cuestión de física, aunque no necesariamente a tratar por los físicos.

Como ha sido señalado por algunos autores (e.x., Oppenheim y Putnam 1958; Ayala 1983), uno debiera ser cuidadoso en esta distinción de reduccionismos. No cabe duda de que todas las discusiones epistemológicas y de metodología de las distintas ciencias dan mucho juego para la discusión, pero su esclarecimiento no tiene interés aquí. Sin ir más lejos, en el presente trabajo, interesa la ontología, dado que nos preguntamos por la existencia o no realmente de la libertad del hombre, y no por su conocimiento.

El reduccionismo ontológico no proclama que trabajando la ciencia más básica se pueda evaluar el comportamiento de cualquier sistema en este Universo, que de las leyes básicas seamos capaces de reconstruir el Universo entero (Anderson 1972)

Los biólogos pueden seguir elaborando su ciencia sin tener idea de los procesos físicos microscópicos porque su metodología es más apropiada para abordar problemas correspondientes a su nivel de complejidad. Cada ciencia tiene sus categorías (Bueno 1995), no cabe duda, y las categorías de una ciencia son insustituibles por las de otra ciencia; pero todo esto afecta a nivel epistemológico, gnoseológico si se prefiere, pero no a lo que la naturaleza es y al hecho de que todos los posibles niveles en la naturaleza son reducibles a los niveles más básicos. Hablamos de naturaleza, no de ciencias. Y hablamos de ciencias también, pero sólo por el hecho de que las ciencias naturales estudian la naturaleza; y si nos creemos que lo que las ciencias dicen es correcto, estaremos hablando de la naturaleza. Dicho en otras palabras: se está proclamando que todo se reduce a las leyes más básicas, las leyes que rigen los elementos más básicos de la naturaleza, las leyes físicas; esas leyes físicas son las que los físicos estudian, y de ahí la vinculación con las ciencias físicas; sin embargo, los físicos como científicos no estudian las proteínas animales, por ejemplo, aunque éstas puedan teóricamente reducirse a materia gobernada por leyes físicas; no lo hacen porque la metodología de su ciencia y las categorías que utilizan no le permiten abordar ese problema con las herramientas de un físico por su elevada complejidad. En cualquier caso, del estudio de sistemas complejos no se infiere la necesidad de nuevas leyes que sustituyan a la física básica; sí se requieren enfoques de análisis distintos pero no ninguna nueva ley física que no haya sido estudiada en los sistemas sencillos (Goldenfeld y Kadanoff 1999).

Es claro que un físico no puede describir apropiadamente la etología animal, por ejemplo, a pesar de que todo se reduzca a física. Puede sin embargo el físico dar cuenta de propiedades básicas del animal y su entorno (alimentos, radiación solar, etc.) tales como la conservación de la energía, o el aumento global de la entropía (que en el organismo puede disminuir pero a expensas del entorno). Las calorías no se crean ni se destruyen –bien lo saben muchas mujeres y hombres a los que les sobran algunos kilogramos– sino que el cuerpo las ingiere por medio de alimentos y se acumulan en grasa o se van en el ejercicio físico. Y quien dice la conservación de la energía dice cualquier propiedad física básica, que se hallará presente en cualquier organismo por muy complejo que sea. Por ejemplo, el determinismo o el indeterminismo físico, que plantearé en posteriores capítulos, ha de darse también en sistemas complejos, por muy complejos que sean. Son las propiedades más complejas las que no puede derivar directamente el físico, pero, repito, por su propia complejidad, no porque se salgan de las leyes físicas de la naturaleza.



Tal como se manifiesta en un trabajo monográfico reciente de la revista *Science* acerca de la cuestión (Gallagher y Appenzeller 1999), tenemos la mejor de las razones para aceptar la hipótesis reduccionista: funciona. No es que se haya probado el reduccionismo como quien prueba un teorema matemático, es una hipótesis, no un corolario, pero todo funciona en la ciencia dentro de esa idea. Cualquier propiedad de la materia se explica en términos físicos. La química orgánica es reducible a química inorgánica. El fin, o casi fin, de el vitalismo químico que se oponía a la reducción de la materia viva en términos de química inorgánica llegó con Berthelot a mediados del siglo XIX, quien puso las evidencias químicas necesarias para demostrar que la química orgánica está fundada en la química inorgánica. Los organismos completos de los seres vivos, o los seres vivos en su totalidad, se reducen a una colección de tejidos vivos y el ensamblamiento de la materia en estos tejidos es expresable en términos de química orgánica. Que los seres vivos están compuestos de aparatos, éstos de órganos y a su vez de tejidos vivos, y a su vez de células, es algo que la biología y la medicina, en cuanto a estudios de anatomía y biología celular, conocen muy bien desde hace mucho tiempo. Es de considerar, sin embargo, que en el siglo XX se ha aportado una respuesta decisiva a la reducción de la biología a la química por medio del avance de la bioquímica, o biología molecular, que se produjo principalmente en el segundo cuarto del siglo XX. La reducción de los fenómenos psicológicos es abordada también hoy en día por los neurólogos, y como manifiesta C. U. M. Smith, funciona:

«... los neurobiólogos han recorrido mucho camino hacia una teoría física satisfactoria del cerebro vivo. Hay tan poco sitio para una causa tan extraña e inmaterial como la mente, dentro de la maquinaria de ese computador en estado líquido, como lo habría en el mecanismo de los computadores utilizados por los industriales para resolver los problemas de los negocios.» C. U. M. Smith (1970, cap. 17)

Podemos resumir entonces esta sección con que: aunque no todo es cuestión a resolver por especialistas en ciencias Físicas, todo es físico, todo sigue leyes físicas.

#### 4. Mecánica clásica y determinismo

Todo sistema físico, para Newton, se podía reducir a un conjunto de  $N$  partículas puntuales en el espacio y sus interacciones. Cada una de las partículas  $i$  posee una determinada masa,  $m_i$ , y una posición en el espacio tridimensional que varía continuamente para cada instante de tiempo,  $r_i(t)$ . Otras características cinemáticas de la partícula, como la velocidad o la aceleración, no son sino la derivada primera y segunda con respecto al tiempo del vector-función  $r_i(t)$ . También, posteriormente a la época de Newton, se introdujo dentro del marco de la mecánica clásica la carga eléctrica de la partícula como otro número asociado a cada partícula, y asimismo otras cantidades características de las partículas, aunque éstas se suelen englobar en el conocimiento derivado de la mecánica cuántica y no la clásica.

En un sistema de  $N$  partículas cerrado, las trayectorias siguen la leyes de Newton que se describen, expresadas de modo matemático, como:

$$m_i [d^2 r_i(t)]/dt^2 = F_i [r_j(dr_j/dt) \forall j \neq i; t] \forall i, \forall t (1)$$

donde  $d/dt$  y  $d^2/dt^2$  simbolizan las derivadas primera y segunda respectivamente con respecto al tiempo de la función a que se aplica, y  $F_i [r_j, (dr_j/dt) \forall j \neq i; t]$  son los vectores-fuerza función de la posición y velocidad de las otras partículas  $j \neq i$  con respecto a la partícula  $i$ , y el tiempo  $t$ . Las funciones  $F_i$  son relaciones numéricas exactas, de modo que dadas las posiciones de las partículas y sus derivadas, las velocidades, los valores de las tres componentes de la fuerza  $F_i$  que afecta a cada partícula estarán determinados para cada instante de tiempo. Newton considera –en su obra «Óptica»– algunas fuerzas que no dependen de la posición y la velocidad de las partículas: las fuerzas que actúan en la naturaleza son, por una parte, la inercia e impenetrabilidad de los cuerpos y, por otra, una serie de «principios activos» entre los que menciona la gravedad, electricidad, magnetismo, combustión, fermentación, afinidad química e incluso «fuerzas vitales»; posteriormente tales fuerzas sí fueron reducidas a una dependencia de posiciones y velocidades.

Hay  $3N$  ecuaciones diferenciales de segundo orden, pues es una ecuación vectorial para cada partícula, lo que suponen tres ecuaciones escalares cada una dado que los vectores pertenecen a un espacio de tres dimensiones. Un sistema como éste tiene *solución única* si: 1) se conocen  $6N$  condiciones iniciales, concretamente los seis números dados por la posición y la velocidad ( $dr/dt$ ) para cada partícula, en un instante dado  $t_0$ ; 2) las posiciones  $r_i$  son derivables dos veces. La segunda condición se cumple siempre y cuando se puedan encontrar las fuerzas entre partículas, y esto se cumple siempre que no aparezcan divergencias –o sea, valores infinitos– en el módulo de la fuerza.

Si la interacción entre partículas fuese gravitatoria, por ejemplo, aparecerían divergencias cuando dos partículas ocupasen exactamente la misma posición; al ser su distancia nula y la fuerza entre ambas inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, ocasionaría una interacción de amplitud infinita. Sin embargo, debido a la existencia de fuerzas repulsivas, tales como la repulsión de las cortezas atómicas constituidas por electrones entre distintos átomos, no tienen lugar los colapsos de infinita aproximación de partículas entre sí; aparte cuestiones de singularidades en relatividad general.

En conclusión, uno debe inferir que dadas las posiciones y las velocidades de todas las partículas de un sistema cerrado en un instante de tiempo, quedan determinadas sus posiciones –y por ende su velocidad, aceleración,... derivando con respecto al tiempo aquella– para todo instante pasado o futuro. También se puede determinar todo el sistema « $t$  dando cualesquiera otras  $6N$  condiciones independientes –no ligadas por las ecuaciones diferenciales– aunque no correspondan a un mismo tiempo. A raíz de lo hasta aquí expuesto, cabe deducir que las leyes de Newton para el movimiento implican que la conducta futura de un sistema de cuerpos está determinada completamente con saber las posiciones y velocidades en un solo instante de tiempo. Ello estaba implícito en la formulación original de Newton pero fue Laplace quien, más de un siglo después, llamase la atención del determinismo presente en la física clásica. El prestigio que alcanzó la teoría determinista fue en aumento en el curso del s. XIX cuando áreas de la física que parecían no cuadrar con la concepción determinista (termodinámica, óptica, electromagnetismo) fueron finalmente reducidas a los esquemas de las ecuaciones newtonianas (Fernández Rañada 1982)

#### 4.1. Predictibilidad no es lo mismo que determinismo

En las discusiones en torno al determinismo se suelen mezclar otros conceptos bien distintos de aquél, como son la predictibilidad o computabilidad. «Predictibilidad» o «computabilidad» significa que nosotros, seres humanos, podemos predecir el estado futuro de un sistema físico, podemos calcular los valores de todas sus variables. Es un término que nos habla por tanto de lo que podemos conocer, epistemología, algo diferente a la referencia ontológica del determinismo. Debe quedar claro que «determinismo» es un concepto más amplio que «predictibilidad» o «computabilidad». Determinismo no implica predictibilidad. Ante todo, hemos de tener claro que un sistema determinista no tiene por qué ser conocible. Puede haber un destino que determine un suceso, pero que el conocimiento de ese destino sea inaccesible, o sea, que no sea predecible. Lo que sí es cierto es que predictibilidad implica determinismo, es decir, si queremos predecir exactamente el comportamiento de un sistema éste ha de estar gobernado por leyes deterministas exactas y nosotros hemos de conocer esas leyes y todos los parámetros que a ellas conciernen. Ésta fue una de las ideas más importantes en la modernidad: que existen unas leyes y que, gracias a la ciencia, las podemos conocer.

Aplicado a la mecánica clásica, podríamos predecir el comportamiento de un sistema cerrado si conociésemos los valores de las posiciones y velocidades de todas sus partículas en un determinado instante de tiempo y pudiésemos resolver el sistema de ecuaciones (1). El hecho de que el sistema esté determinado no implica que nosotros conozcamos su determinación. Cuando Laplace (1814) decía «*Una inteligencia que conociera...*» no se estaba refiriendo a los seres humanos, pues nuestro conocimiento siempre estará limitado como seres finitos que somos. Él se refería al determinismo, y esa mención de la superinteligencia omnipredictora sería un modo de expresión para referirse a que la predictibilidad en un Universo determinista es teóricamente posible pero vedada a todos los seres que no sean infinitos. De hecho, él afirma que la posibilidad de alcanzar la certeza absoluta está completamente cerrada para el hombre y que a lo más que puede aspirar es a obtener un conocimiento meramente probable. En ningún caso, según interpreto en sus lecturas, hay que entender la afirmación de Laplace como la afirmación de nuestra capacidad predictiva sin límites. Bien conocía él el elevadísimo número de átomos existente en unos pocos gramos de materia, y que el conocimiento de las posiciones y velocidades de tales sobrepasa en mucho cualquier esfuerzo humano. Es así que el párrafo sobre la superinteligencia continúa diciendo respecto a los seres humanos:

«... Todos sus esfuerzos por buscar la verdad tienden a aproximarlos continuamente a la inteligencia que acabamos de imaginar, pero de la que siempre permanecerá infinitamente alejado.» (Laplace 1814, «De la probabilidad»)

Laplace no se refiere a la predictibilidad sino que habla de un determinismo ontológico. El demonio de Laplace es un ser de capacidad infinita y puede, por tanto, conocer con toda la precisión que quiera la posición y la velocidad de las partículas; puede predecir con la precisión que desee. Predecir con precisión infinita es equivalente a determinar y de ahí que Laplace se refiera con su predictibilidad infinita al determinismo. Sin embargo, los seres humanos, lejos de ser dioses o demonios todopoderosos, tenemos

una capacidad finita, nuestra potencia de cálculo y la sensibilidad de los aparatos de medida en nuestros experimentos y observaciones dependen de la capacidad tecnológica, la cual crece de día en día pero permanece siempre limitada, no puede ser infinita. Laplace toma una posición bien clara y sin lugar a controversias: el mundo descrito por la mecánica de Newton es determinista; las ecuaciones diferenciales (1) tienen solución única una vez fijadas las condiciones iniciales o de contorno y esto implica determinismo.

Cualquier sistema caótico determinista, como el surgido del problema de muchos cuerpos en interacción gravitatoria con las leyes de Newton, es predecible hasta un tiempo limitado por la capacidad de cálculo de los ordenadores. Esto hace que no se pueda predecir con los ordenadores actuales, realizando cálculos durante tiempos no demasiado largos, el clima en un plazo mayor de una semana, o que no se puedan conocer las posiciones de los planetas del sistema solar dentro de unos millones de años, por poner algunos ejemplos de sistema caóticos.

Popper (1956), incorrectamente bajo mi punto de vista, defiende que la física clásica no requiere el determinismo laplaciano. Habla de la predictibilidad (a la que llama «determinismo científico») haciendo creer que tal es el determinismo a que se han referido la mayoría de los científicos y filósofos, y por el que tiene sentido preocuparse. El mismo uso insistente de la palabra «determinismo» en vez de «predictibilidad» juega a favor de una confusión. Uno no puede decir que la mecánica clásica es un modelo correcto del mundo y decir al mismo tiempo que no hay determinismo. También Prigogine (1994, 1996) y Prigogine y Stengers (1979, 1984, 1988) hacen uso de esa confusión de términos.

### *Bifurcaciones*

La antigua idea del físico y matemático del s. XIX James Clerk Maxwell (Niven, ed., 1890) de que la voluntad libre del individuo actúa en «*bifurcaciones*» (cuando un sistema puede seguir su destino por dos o más caminos distintos; pequeñísimas fluctuaciones de alguna variable del sistema físico producen comportamientos futuros totalmente distintos) para determinar cuál solución se deriva, resurge con Prigogine. Desde la termodinámica, hace alusiones al indeterminismo y el acercamiento de las dos culturas, humanística y científica, relacionados con el concepto de libertad. Declara que las ciencias modernamente desarrolladas acerca de la complejidad conllevan indeterminismo, independientemente de los nuevos descubrimientos de la mecánica cuántica que comentaré en capítulos posteriores. ¿Es lícito proclamar un indeterminismo en la conducta de un sistema porque no podemos conocer las determinaciones subyacentes que le llevan a una u otra conducta entre las dos posibles?

*Respuesta:* no. Sí puede haber una causa que empuje a una rama de la bifurcación —y de hecho la hay, si no nos salimos de la mecánica clásica— aunque sea imperceptible a nivel macroscópico, por ejemplo que haya un simple átomo más empujando hacia una solución estable que hacia la otra. Efectivamente, se trata de sistemas inestables vistos macroscópicamente que tanto pueden escoger un camino u otro por pequeñas variaciones, pero esas variaciones pueden seguir, y de hecho siguen según la ecuación (1), un determinismo estricto. En la mecánica cuántica las cosas son diferentes como veremos en la sección 5.

¿Qué responde Prigogine a estas acusaciones? Indudablemente, él conoce bien la mecánica estadística y sus implicaciones. ¿Por qué sigue pues insistiendo radicalmente en el indeterminismo? La respuesta que él da es que la descripción estadística es irreducible a unas variables microscópicas y la representación en forma de partículas siguiendo sus trayectorias debe ser reemplazada por una descripción puramente probabilística (Prigogine 1994, p. 59). Las distribuciones de probabilidad de un estado no caracterizan físicamente un colectivo de muchas partículas, cada una de las cuales con un microestado. Niega por tanto las bases mismas de la mecánica estadística insinuando que la termodinámica no es reducible a física clásica. Piensa que las variables macroscópicas de la ecuación que rige las bifurcaciones son irreducibles como función de las posiciones y velocidades de las componentes. Niega las bases de una ciencia firmemente consolidada y cuyos resultados son corroborados en todas las áreas salvo donde entra la mecánica cuántica en juego. Niega que las cantidades termodinámicas dependan de lo que suceda en los componentes de la materia. Textualmente, afirma que el intento de Boltzmann explicando la irreversibilidad en base a leyes reversibles ha fallado (Prigogine, p. 41). La tesis de Prigogine y sus seguidores es extremadamente fuerte para los vagos argumentos a favor con que juega. Pretende derivar de la dinámica de sistemas caóticos que la noción de trayectoria debe ser abandonada y reemplazada por una teoría de probabilidades sobre el conjunto de trayectorias posibles, donde éstas no representen nuestra ignorancia de las variables microscópicas del sistema, sino que sean ellas mismas la realidad irreducible. La estadística clásica es plenamente consistente con las aparentes paradojas que plantea la irreversibilidad, no hay necesidad de un cambio de nociones. Este tipo de revolución conceptual ha sido de hecho implantada, pero en el marco de la mecánica cuántica, que estudiaremos en capítulos posteriores. Sin embargo, como hace notar Batterman (1991), en la mecánica cuántica, la exclusión de las variables ocultas está soportada por una argumentación teórica y experimental firme, mientras que en la propuesta de Prigogine sólo figura una creencia sin argumento racional que demuestre que las conjeturas de Boltzmann estaban equivocadas a este respecto. Las bifurcaciones corresponden a sistemas caóticos, que son no predecibles pero sí deterministas dentro de la mecánica clásica.

#### 4.3. La flecha del tiempo

De las mismas ecuaciones de Newton (1) se puede extraer una simetría temporal. Si cambiamos en las ecuaciones la variable  $t$  por  $-t$ , dado que  $d^2 r_i(t)/dt^2 = d^2 r_i(-t)/d(-t)^2$ , aquéllas permanecerán inalteradas. No hay distinción, desde el punto de vista de las leyes mecánicas clásicas, entre ir hacia adelante en el tiempo e ir hacia atrás. Este hecho está ligado entre otras cosas al determinismo —una causalidad numéricamente exacta entre el pasado y el futuro— y por el cual se hace posible determinar el pasado a partir del futuro del mismo modo que el futuro a partir del pasado. Todo destino está escrito en un solo tiempo: dado el pasado, presente o futuro se determinan los estados del sistema para cualquier otro tiempo. Incluso se podría decir que el paso del tiempo no existe, que sólo existe un Universo que es siempre el mismo.

Sin embargo, nuestras percepciones denotan un paso del tiempo y que tiene una dirección: «la flecha del tiempo», y eso dio lugar a que muchos científicos y pensadores de la época se opusieran a esta concepción. Tanto Popper (1956) como Prigogine (1996)

y Prigogine y Stengers (1979, 1988) se presentan como defensores de la flecha del tiempo y el indeterminismo en la física clásica. Es más, se basan en lo primero para demostrar lo segundo. Según éstos, una vez establecida la realidad del tiempo se ha eliminado el mayor obstáculo a la consecución de una mayor unidad entre las ciencias y las humanidades. Ya no tenemos por qué escoger entre una libertad práctica y un determinismo teórico. Se hace mención de la flecha del tiempo definida en el segundo principio de la termodinámica según el cual la entropía  $S$  del Universo, una medida del desorden, aumenta. Esto define una asimetría en el tiempo: la entropía crece hacia el futuro y decrece hacia el pasado. Explicado de forma ilustrativa con un ejemplo, tal principio nos dice que el calor fluye de los cuerpos calientes a los fríos o que se pueden mezclar dos fluidos con sólo ponerlos en contacto, pero no desmezclarlos. En estos dos ejemplos vemos cómo aparece una irreversibilidad: no se puede hacer que el calor pase de los cuerpos fríos a los calientes o que los fluidos mezclados se desmezclen.

*Respuesta:* No hay irreversibilidad en el sentido de imposibilidad, la única causa por la que vemos que algunos fenómenos indican una flecha del tiempo y no vemos por ejemplo fluir el calor de lugares fríos a calientes es porque es *muchísimo menos probable, aunque no imposible*. La segunda ley de la termodinámica se explica con los movimientos deterministas de los átomos que sustentan el sistema físico en cuestión y para nada implica una contradicción. Es decir, no puede servir la flecha del tiempo termodinámica para refutar el determinismo. El tiempo es irreversible en los sistemas inestables porque el comportamiento de los sistemas en una inversión de la flecha del tiempo es caótico: se necesitan unas condiciones muy restringidas y de baja probabilidad para que sea posible recuperar un estado pasado en un proceso irreversible, y pequeñas variaciones en esas condiciones nos alejan de la posibilidad de reversibilidad. Dado que el espacio es un continuo, la cantidad de microestados posibles en una configuración de partículas tiende a infinito, y sólo unos pocos relativamente son adecuados en las condiciones iniciales para poder recuperar el estado pasado de un sistema en una inversión temporal cuando nos encontramos fuera del equilibrio. Prigogine insiste, no obstante, en que esta flecha del tiempo implica indeterminismo porque descarta las fluctuaciones de la entropía, postula que la reversibilidad es absolutamente imposible más que improbable. Su idea es que los estados físicos evolucionan del no-equilibrio al equilibrio, y los primeros son estados singulares que tienen toda la probabilidad concentrada en un espacio multiparamétrico de medida cero mientras que los estados de equilibrio pueden ser no singulares. En el momento que uno se sale de este estado de no-equilibrio, deja de estar en el estado singular y no es probable que vuelva a él por su medida nula en el espacio de parámetros que da probabilidad nula para su retorno. Mas, como señala Sklar (1992, «The problem of Initial Probability Distributions»), estos estados singulares son innecesarios y representan mal las situaciones físicas reales de interés.

Es perfectamente posible explicar los fenómenos irreversibles dentro de las leyes fundamentales de la mecánica clásica. Esto fue hecho por Boltzmann hace más de un siglo y sus argumentos se mantienen:

*«Dado que en las ecuaciones diferenciales de la mecánica no existe nada análogo al segundo principio de la termodinámica, este último no puede representarse mecánicamente nada más que por medio de suposiciones que atiendan a las condiciones iniciales.»* (Boltzmann 1904).

Las condiciones iniciales de un sistema, es decir, las posiciones y velocidades de cada una de sus partículas, contienen la información acerca de la evolución del sistema en un sentido o en otro, no las propias ecuaciones diferenciales que, como bien sabemos, son simétricas respecto al tiempo.

## 5. Mecánica cuántica y libre albedrío: contraargumentos

La mecánica cuántica no es metafísica y podríamos pensar por tanto que el tema del libre albedrío está más allá de un análisis dentro de ésta. Me muestro parcialmente de acuerdo con esta posición y, de hecho, en esta sección no trato de defender alguna especulación metafísica sino más bien lo contrario: trataré de refutar ideas especulativas que con frecuencia están presentes en la mecánica cuántica. Estoy de acuerdo con Richard Feynman, el premio nobel de física, cuando dice: «*Si tenemos un átomo que está en un estado excitado, por lo que va a emitir un fotón, no podemos decir cuándo emitirá el fotón. En todo instante tiene una cierta amplitud de emitir un fotón y sólo podemos predecir una probabilidad de emisión; no podemos predecir el futuro con exactitud. Esto ha dado lugar a todo tipo de tonterías y preguntas sobre el significado del libre albedrío, y la idea de que el mundo es incierto*» (Feynman et al. 1965).

### 5.1. Indeterminismo en la mecánica cuántica

La discusión acerca del libre albedrío comienza usualmente con la consideración de la posibilidad de un indeterminismo ontológico. La física clásica es un modelo determinista del mundo. Podemos hablar de impredecibilidad pero no de un indeterminismo en las leyes de la naturaleza. Sin embargo, la interpretación ortodoxa de la mecánica cuántica acepta un indeterminismo en los observables una vez han sido medidos. Por ejemplo, no sabemos cuándo se va a desintegrar un núcleo atómico. En la función de onda que representa a una partícula o a un sistema,  $\psi$ , la evolución es determinista en el intervalo entre dos medidas. La ecuación de Schrödinger que sigue antes de la medida es de primer orden con respecto al tiempo; por lo tanto, dado un estado inicial  $\psi(r, t_0)$  en un tiempo fijo  $t_0$ , la función de onda  $\psi(r, t)$  estará determinada para cualquier posición  $r$  y cualquier tiempo  $t$ . El indeterminismo no está presente en el intervalo entre dos medidas, aparece solamente cuando se lleva a cabo la medida (ver, por ejemplo, Cohen-Tannoudji et al. 1977). Hay otras interpretaciones que no necesitan indeterminismo en la formulación, como la de David Bohm (1952), pero la interpretación más extendida en la mecánica cuántica acepta un indeterminismo ontológico en su formulación.

Este indeterminismo está presente cuando los efectos cuánticos son importantes, y se diluye en conjuntos grandes de partículas (estado macroscópico) para converger a la mecánica de Newton, a menos que exista un mecanismo en el que el estado de un sistema macroscópico depende de lo que suceda en unas pocas partículas microscópicas.

¿Cómo un movimiento macroscópico puede depender de lo que ocurra en tan sólo unas pocas moléculas? La respuesta a la anterior pregunta viene dada, por ejemplo, en la investigación de las aplicaciones de la mecánica cuántica a la biología del ser humano o cualquier ser vivo, más concretamente por algunos estudios de neurología que tienen en cuenta los efectos cuánticos. Ralph Lillie (1927) llama la atención de las posibles

implicaciones del indeterminismo cuántico en sistemas biológicos macroscópicos, que se distinguen de sistemas macroscópicos de piezas macroscópicas tal y como suelen ser por ejemplo los relojes de cuerda cuyo indeterminismo no se llega a transmitir a escalas del sistema.

Se han propuesto distintos mecanismos que podrían trasladar este indeterminismo a todo el cerebro humano, y a partir de éste a todo el cuerpo pues el sistema nervioso regula los movimientos musculares de todo el ser vivo. Concretamente, se cree que ello ocurre en el fenómeno conocido como «sinapsis», consistente en un intercambio de neurotransmisores:

Uno de esos mecanismos hace alusión a que la membrana presináptica en las puntas del axón es una bicapa de lípidos con dos moléculas de grosor, una molécula por cada capa. La entrada o salida de los neurotransmisores en la neurona depende fuertemente de lo que ocurra en esta capa bimolecular, que tiene una función de conmutador maestro (Scott 1985). El hecho de poseer sólo dos moléculas de espesor hace evidentes los efectos microscópicos en ésta, y el que pasen o no neurotransmisores dependerá de lo que ocurra en esta capa dando lugar a movimientos en el cuerpo o no de un modo indeterminado. Se hace entonces posible el que el comportamiento indeterminista se amplifique a través de un mecanismo como éste. Sir John Eccles (1973, 1975, 1994) y Beck y Eccles (1992) respaldan esta teoría.

Los microtúbulos, moléculas proteicas en las dendritas y los axones, están compuestos de agregados de partículas que pueden estar en dos estados distintos dependiendo sólo de la posición de un electrón. Los microtúbulos toman parte del control de la sinapsis y, por consiguiente, el estado del cerebro depende del estado de estas moléculas (Mitchison y Kischner 1984a, 1984b; Penrose 1994; Rosu 1997).

## 5.2. *Mente interactuando con el cuerpo*

Dado que, tradicionalmente, las ideas de determinismo y la negación de la libertad han venido parejas, se ha querido ver en el indeterminismo cuántico un distanciamiento de la mecánica clásica que permite la libertad (Eddington 1932; Jordan, vers. ingl. 1944, vers. ingl. 1955; Frank 1957; Margenau 1961; Stapp 1995).

Si el indeterminismo afecta al comportamiento macroscópico de sistemas biológicos, éste será aplicable al ser humano. Basándose en ello, Jordan afirma:

*«Si es correcta la suposición de que las reacciones controladoras de los organismos son de un confinamiento físico de nivel atómico, entonces es evidente que, partiendo de nuestros conocimientos actuales, el organismo es bastante diferente de una máquina y que sus reacciones poseen un elemento de incalculabilidad e impredecibilidad fundamental. Uno podría objetar que la consideración de un funcionamiento estadístico como un cubilete de dados en vez de una máquina en el patrón del organismo, no ayudan demasiado a nuestro entendimiento de los fundamentos de los fenómenos de la vida. Pero, por el momento, lo único importante para nosotros es determinar, en el sentido negativo, que la teoría de organismos como máquinas (incluyendo sus consecuencias; por ejemplo, la negación de la libertad de la voluntad) difícilmente puede existir bajo la visión de la nueva física.»* (Jordan, vers. ingl. 1944).

*«Ahora podemos conocer que la conducta de un organismo individual, prescindiendo de si es animal o humano, no está exclusivamente determinada por la necesidad mecánica;*



*no podemos, como La Mettrie, prohibir al alma o a la voluntad el intervenir en los movimientos fijados y predeterminados de los átomos del cuerpo.»* (Jordan, vers. ingl. 1955).

Entre las interpretaciones existentes de la mecánica cuántica, las que dan lugar a posibles gobiernos de un ser libre sobre la materia de la que está formado en el mundo físico tienen como base que la mente colapsa la función de onda en la medida. Entre los pioneros de la idea están Compton (1935, 1981), von Neumann (1932) y Wigner (1961, 1967) y es defendido actualmente por autores como H. P. Stapp (1991, 1993, 1995), L. Bass (1975), W. Heitler (1963), P. J. Marcer (1992), R. Penrose (1994).

Realmente, la idea no es nueva. Esta defensa del libre albedrío se asemeja extraordinariamente a las ideas de los epicúreos (por ejemplo, *De rerum natura* de Lucrecio), quienes especulaban que los átomos de un cuerpo humano pueden cambiar sus trayectorias según una voluntad con origen en la mente de aquél a quien pertenece el cuerpo. El indeterminismo deja la posibilidad de elegir entre diversas soluciones en la trayectoria de los átomos, y es la voluntad del hombre la que elige. En la versión cuántica actual, la voluntad humana gobierna el cuerpo por medio de las membranas presinápticas o bien de los microtúbulos. Las conexiones sinápticas son controladas por la mente y el sistema de neuronas estaría continuamente influenciado por aquéllas, por la actividad de los citoesqueletos, dando lugar al «libre albedrío» (Penrose 1994; Horgan 1994; Rosu 1997).

Hay dos aspectos de la hipótesis de la mente interactuando con el cuerpo:

Los aparatos de medida no pueden producir el colapso de la función de onda; se acoplan (en una superposición de estados) al sistema observado. De aquí se deduce la necesidad de otra clase de sustancia que produzca el colapso de la función de onda: la mente (von Neumann 1932; Wigner 1961, 1967). Por consiguiente, la mente puede elegir el estado de todos los sistemas que observa. Esto incluye la neurotransmisión en el cerebro asociado a esa mente.

La mente coordina todos los estados neuronales cuando genera un pensamiento. Esto se explica como una propiedad de coherencia cuántica en el cerebro, la no-localidad en todas las partículas confiere al cerebro una unidad dentro de un único estado cuántico (por ejemplo, Stapp 1991, Josephson y Pallikari-Viras 1991).

Esto es claramente un dualismo, una interpretación desgajada del tradicional materialismo científico. Más bien un dualismo interaccionista: las membranas presinápticas, o bien los microtúbulos, tienen un papel similar al de la glándula pineal que conecta alma y cuerpo en el dualismo de Descartes (1641). En esta perspectiva se incluyen de algún modo las ideas de Popper, aunque éste localiza con más exactitud la región de la interacción; la región no abarca todos los procesos sinápticos cerebrales. Junto con John Eccles, neurofisiólogo, propone un argumento para el interaccionismo defendiendo la existencia de un lugar en el hemisferio izquierdo del cerebro donde interaccionan mente y cerebro (Popper y Eccles 1977). Ambos, Popper y Eccles, defienden en su grueso volumen la libertad con una posición afín a la libertad cuántica, es decir, la mente observa el cerebro y selecciona las neuronas para activarlas con objeto de obtener lo que quiere, obtener los acontecimientos mentales que quiere. Realmente no todos los autores que hablan de la libertad dentro del marco de la mecánica cuántica se declaran dualistas interaccionistas como Popper, sino que algunos hablan de un mundo mental «emergente del mundo físico». Wigner se siente incómodo con la denominación de dualista y defendió la libertad derivada de la mecánica cuántica contra los argumentos de Popper y Eccles.

«No, sólo hay un mundo», afirmaba este físico teórico. Él cree que las nuevas leyes de la naturaleza envuelven a la conciencia humana dentro del único mundo existente. Pero, realmente, esta pretensión monista es un dualismo encubierto.

### 5.3. *Contraargumentos (I): indeterminismo no implica libre albedrío*

Hay dos opciones: 1) el determinismo; 2) el indeterminismo. Si se da el caso 1), los átomos de nuestro cuerpo siguen unas leyes estrictamente deterministas, y no es posible nuestra intervención; no podemos ser causa primera del movimiento de los átomos de nuestro cuerpo, estamos restringidos a un determinismo laplaciano que no deja espacio para el libre albedrío (para el libre albedrío tal como se definió en la sección 2, no para nociones populares e ingenuas tales como hacer lo que uno quiera). El caso de interés ahora es el segundo, el indeterminismo. Supongamos que la mecánica cuántica da un marco teórico correcto en el que defender un indeterminismo ontológico (no una mera impredecibilidad como en la mecánica clásica). ¿Qué pasa con el libre albedrío en este caso? En tal caso, podría haber libre albedrío, pero no necesariamente porque «indeterminismo no implica libre albedrío». Claro que el indeterminismo es una condición necesaria para el libre albedrío pero no suficiente. La tradición libertarista ha estado tantos siglos dándole vueltas al tema del determinismo cuando se les preguntaba por la libertad, tanto tiempo pendiente de discutirla en oposición al determinismo, que parece haber dado a entender que lo contrario de determinismo es la libertad. Así al menos parece que lo han asimilado algunos autores, aquellos que aplaudieron rápidamente el indeterminismo cuántico por creer que en él se hallaba la libertad.

Es erróneo pensar que la discusión sobre el libre albedrío es necesariamente una discusión acerca de la necesidad o la contingencia. Como Arana (2002) sostiene, en el actual debate, la libertad no se encuentra entre el azar y la necesidad sino que tiene que encontrar su lugar «frente al azar y la necesidad». Creo que está ahí precisamente la clave de la cuestión: que no hay libertad mientras haya solamente azar o necesidad. Como Kant (Op. Post. 1928, refl. 5369) señalaba, la libertad no es ni naturaleza ni azar. Los filósofos o científicos que creen que el indeterminismo es el libre albedrío olvidan las reglas de la lógica clásica y se dicen a sí mismos:  $p \rightarrow \neg q \Rightarrow \neg p \rightarrow q$ , donde «p» es el determinismo y «q» es el libre albedrío. Tal deducción es incorrecta.

Por ejemplo, pensemos en un robot que sigue leyes azarosas indeterministas. ¿Es libre? No lo es. El indeterminismo no es la ausencia de causación sino la presencia de procesos causales no deterministas (Fetzer 1988). Quiero decir que la «causalidad» no es necesariamente determinismo; podemos entender «causalidad» en un sentido más amplio: causalidad como «explicación» o «razón». Una explicación o una razón de un suceso significa el seguimiento de una ley (quizás una ley estadística), y la presencia de leyes es la ausencia de libre albedrío. La mecánica cuántica es indeterminista pero no es acausal. Hay siempre una causa, una explicación o razón, para cualquier fenómeno. Por ejemplo, cuando se empuja un electrón hacia otro electrón ambos se repelen y sus posiciones y velocidades están indeterminadas. La causa de la repulsión son las leyes electrostáticas. Los electrones no son libres para escoger repelerse o no.

Renunciar al fatalismo del materialismo científico requiere librarse de cualquier idea de causalidad, librarse por tanto de cualquier explicación. En el momento en que

se puede explicar un acto, una elección, etc. en términos de leyes físicas, aunque éstas sean probabilísticas, estamos incluyendo esa acción, elección, etc. como un fenómeno más de la naturaleza y, por tanto, negando que su origen esté en nosotros mismos como algo independiente de esa naturaleza.

#### *5.4. Contraargumentos (II): conocimientos científicos acerca de la consciencia*

Cualquier argumentación a favor de la mente basándose en la física no deja de tener cierta gratuidad, es decir, se trata más de una opinión que de un resultado empírico o racional propio de la ciencia.

Wigner o von Neumann indican que la consciencia es necesaria para entender la mecánica cuántica, para no caer en contradicciones, pero su razonamiento deja unas grietas tremendas. Parece bastante razonable su diferenciación entre sistemas que se acoplan mutuamente y sistemas que al unirse producen el colapso de la función de onda dando lugar a la medida. También me parece correcta su observación de que los seres humanos hacemos medidas. La inferencia dudosa es la atribución de carácter colapsante a algo que poseen exclusivamente los seres humanos, nominalmente la mente. El hecho de que las medidas se asocien al colapso y que los humanos estén presentes en las medidas no implica que los hombres sean los responsables del colapso. Decir que el hombre está presente en las medidas es no decir nada, dado que éste conoce a través de una interacción con el objeto de conocimiento. Si no estuviera presente no conocería o mediría.

La respuesta que cabe esperar es: si la mente humana no produce el colapso en la medida, ¿qué lo hace?, ¿existe una alternativa a la hipótesis de que la mente colapsa funciones de onda? Sí, claro que es posible concebir la teoría cuántica sin invocar a la consciencia (Stenger 1997), una posición materialista y reduccionista es plenamente consistente con los hechos observados y la teoría cuántica. El papel del observador humano en la medida no tiene por qué tener ningún significado particular siendo incluso innecesario (por ejemplo, Shimony 1988, Mulhauser 1995). Sí hay tal alternativa. Por ejemplo: el propio sistema físico, que incluye al aparato de medida y al sistema a ser medido presentado macroscópicamente, produce el colapso sobre sí mismo de las funciones de ondas asociadas a sus componentes microscópicas.

Realmente, la interpretación de Bohr, así como la de la mayoría de los máximos especialistas en física cuántica, es que no es la consciencia, sino la distinción entre el aparato de investigación y lo investigado, el elemento central del acto de observación cuántica elemental. Una máquina con un ordenador puede hacer los experimentos, y el observador leer el resultado de la máquina una vez ésta haya almacenado el resultado en su memoria. Esto no se puede comprobar dado que nunca sabremos si el colapso es producido por el ordenador y el aparato de medida o por la mente humana cuando el observador chequea los resultados, pero por lo menos sabemos que se puede interpretar la mecánica cuántica sin la noción de mente autónoma en el papel de observador.

Tampoco debe confundirse la coherencia de todas las partes de un sistema cuántico, permaneciendo ligados e interdependientes los estados hasta que se produzca el colapso, con una dirección coordinadora del sistema tal cual director con su orquesta. Las partes de un sistema físico sí pueden compararse con las partes de una orquesta en que los músicos se escuchan entre sí, pero sólo habría una cohesión notable cuando hubiese muy baja

energía (a bajas temperaturas) o cuando apenas existiese interacción con el entorno (Mulhauser 1995). Aun en el caso de que se descubra, en el futuro, que el cerebro humano puede mantener esas condiciones especiales, tal cual superconductores de baja temperatura, falta el director, y ni la física clásica ni la cuántica tienen nada que decir acerca del mismo. Los argumentos de H. P. Stapp (1991) diferenciadores de las mecánicas clásica y cuántica no pueden constituir de por sí un argumento sobre el problema mente-cuerpo.

Se debe concluir que la física contemporánea no nos ha acercado más al conocimiento de una conciencia autónoma que gobierna «libremente» el cuerpo. La introducción de los nuevos conceptos de la mecánica cuántica es irrelevante para el problema mente-cuerpo, tal como explica el artículo de K. Ludwig (1995) «¿Por qué la diferencia entre física cuántica y clásica es irrelevante para el problema mente/cuerpo?». Podemos optar por un subjetivismo, como también se podía ser idealista berkeleyano en la época de predominio de la física de Newton, pero tales posiciones no pasan de ser simples opiniones fuera del contenido de la ciencia.

Los físicos no tienen nada que decir acerca de la mente pero los neurólogos sí tienen. Hoy en día, la mayoría de los neurólogos creen que la idea de mente o alma autónoma es un mito. Se adopta una filosofía materialista en la que se puede explicar la mente en términos de procesos neurológicos (Crick 1994).

Son muchos los ejemplos que ilustran la filosofía materialista en las ciencias neurológicas. Las señales eléctricas aplicadas al cerebro producen variaciones en la conciencia tales como imágenes y recuerdos (Penfield y Perot 1963). Lo contrario también es cierto: se registran señales eléctricas en el cerebro asociadas a cualquier sensación consciente. Es más, los electroencefalogramas registran actividad antes de que el individuo sea «consciente» de la sensación. Por ejemplo, en un experimento (Deeke et al. 1976; Libet 1985, 1987) en el que algunos voluntarios conectados a electroencefalogramas movían sus dedos a voluntad, cuando quisieran, el aparato registró actividad eléctrica en torno a unos 300 milisegundos antes de que la persona fuese consciente de tomar la decisión de mover un dedo. Esto claramente implica que las actividades inconscientes del cerebro disparan la actividad de las neuronas. Y esto significa que la materia gobierna la conciencia antes de que la conciencia gobierne la materia. La mente no puede ser autónoma en la toma de decisiones. Además, es claro que se requiere un tiempo mínimo (alrededor de 60 o 70 milisegundos) para que el cerebro realice las operaciones que producen la sensación más simple de la conciencia (Libet 1985). Este intervalo temporal es demasiado grande para que se pueda interpretar como una decisión espontánea. Las neuronas no pueden esperar tan largo tiempo, esperando por las órdenes de la mente, para ejecutar una decisión sobre el estado de la neurotransmisión.

La propiedad de estado de coherencia cuántica en todo el cerebro es también absurda si tenemos en cuenta algunos experimentos en los que la unión neuronal entre los dos hemisferios cerebrales es cortada. En este caso, se producen dos voluntades (Sperry 1964). La unidad del cerebro se debe a «conexiones neurológicas» y no a una propiedad de coherencia cuántica. Tampoco podemos relacionar la voluntad (la capacidad de tomar decisiones) con la capacidad de observación en una medida, tal y como el subjetivismo cuántico propone. Hay áreas en el cerebro (el área 24 de Brodmann) relacionadas directamente con la voluntad y, cuando éstas son dañadas, el paciente puede observar (medir)

pero el cerebro no puede enviar ninguna orden al cuerpo para que se mueva (Crick 1994, post scriptum).

Todo esto son evidencias experimentales, no hipótesis basadas sólo en la especulación. Y todos estos hechos señalan que no hay autonomía en el cerebro, no hay un «ego» enviando órdenes al cuerpo. La defensa del libre albedrío es imposible en este contexto, y la especulación sobre un papel subjetivo de la conciencia en la medida de sistemas cuánticos es absurda.

### 5.5. *Contraargumentos (III): Evolución y ontogenia*

El problema que tienen la mayoría de los filósofos que defienden un origen de la mente en el contexto de la teoría evolutiva es que no conocen esta teoría u olvidan muchos de sus puntos importantes. Por lo general, ni siquiera se preocupan del origen de la mente. Está ahí—piensan—y ha «emergido» de la materia de algún modo; creen que la palabra «emergencia» resuelve todos los problemas y permite hablar de la espiritualización de la materia. Lo mismo pasa cuando nos preguntamos por el origen de la mente durante el crecimiento de un cuerpo humano a través de la multiplicación celular (ontogenia) desde el momento en que el espermatozoide y el óvulo se unen. Si olvidamos creencias religiosas y personales, debemos considerar que la evolución y la ontogenia no pueden explicar la emergencia de una mente autónoma que colapsa la función de onda de la materia. La copia del ADN, sólo contiene instrucciones para la construcción de proteínas en los distintos tejidos «materiales». Las mutaciones sólo son alteraciones del ADN. Etc. Es inútil repetir insistentemente «¡emergencia, emergencia!» mientras estamos en el mundo de la «¡materia, materia!». ¿Emergencia de qué? ¿De una mente que se distingue de la materia pero al mismo tiempo es generada por la materia? Absurdo.

Según el subjetivismo cuántico, la mente debiera emerger espontáneamente. No cabe hablar de media mente o un cuarto de mente produciendo medio colapso o un cuarto de colapso. O bien la mente produce el colapso, o bien no hay mente y la materia se acopla a otros sistemas físicos. Ésta es la posición de von Neumann, Wigner, etc. Debemos entonces pensar en una creación espontánea de la mente. Tenemos un bebé, un cachorro humano, sin mente, que es pura materia. Un segundo más tarde, tenemos un bebé con una mente que puede producir el colapso de la función de onda en los sistemas que observa. Absurdo.

El problema de más difícil solución es la paradoja del Universo antes de la existencia de cualquier mente (Bohm y Hiley 1993). Si la mente produjera el colapso de las funciones de onda en la materia, entonces la naturaleza anterior a la existencia de la mentes estaría sin colapsar, y no habría una nacimiento real del Universo porque éste estaría en una superposición de estados. Absurdo. Se han propuesto ideas aún más ridículas para explicar esta paradoja (ejemplo, Kafatos y Nadeau 1990): una Mente universal (¿Dios?) estaba presente antes de la existencia de vida en la Tierra y produjo el colapso de las funciones de onda. Esta solución panteísta no explica por qué las mentes humanas son ahora responsables del colapso en vez de la Mente de Dios. ¿Ha desaparecido la mente de Dios después de nuestra aparición sobre la Tierra? Absurdo.

## 6. Conclusiones

A continuación, doy una lista de las principales conclusiones de este artículo, muy brevemente y sin detallar los contenidos dado que ello ya han sido expuestos en las secciones precedentes:

—El concepto de libertad sobre el que merece la pena discutir, por tener algún contenido metafísico no trivial, es el de la autonomía del hombre con respecto a las leyes de la naturaleza en el origen de sus voliciones.

—Las posiciones de antirreduccionismo ontológico son meras opiniones al margen de la ciencia y de las actuales evidencias empíricas.

—El indeterminismo es condición necesaria pero no suficiente para que sea posible el libre albedrío. No es lo mismo espontaneidad que azar.

—La descripción del mundo derivada de la física clásica es determinista.

—La descripción del mundo derivada de la física cuántica no tiene una interpretación única, pero el indeterminismo se considera difícilmente rebatible.

—El papel dualista de la mente en la mecánica cuántica necesario para que de ella se derive el libre albedrío entra en contradicción con muchos hechos experimentales de la neurología.

—Desde el punto de vista de la evolución de las especies, se hace a todo punto imposible conjeturar una teoría no materialista para la creación de las mentes que los libertaristas cuánticos proclaman como realidad.

—La posición de las ciencias naturales frente al tema del libre albedrío sigue siendo en nuestros días parecida a la de los tiempos del materialismo francés, salvo en posturas descontextuadas que utilizan los términos científicos para referirse a especulaciones diversas sin que ello tenga el menor apoyo en términos objetivos.

Realmente, toda la argumentación dada no sería necesaria si admitiésemos lo que tan trivial aparece a mis ojos y a los de muchos: que la ciencia, por tratar de lo objetivo, no puede defender la libertad, que necesita del reconocimiento autónomo de lo subjetivo. El desarrollo de este trabajo ha sido una tautología sobre este simple hecho, derivado del empeño de algunos científicos y otros pensadores por negarlo. La ciencia nunca—ni en el pasado, ni en el presente, ni en el futuro— podrá defender la libertad del hombre. No es ya cuestión de entrar en detalle en la mecánica cuántica; no es cuestión de esperar una nueva teoría que sí la defiende adecuadamente. Sucede simplemente que ciencia y libertad no tienen cabida en el mismo saco. Para ser libertarista hay que escoger caminos alejados de la ciencia.

La mayoría de los pensadores encuentran problemática la justificación de la responsabilidad sin el concepto de libertad. Ante el temor de un desorden social en que cada uno puede lícitamente provocar cualquier daño alegando falta de responsabilidad y culpando a la sociedad o a la naturaleza del mal, estos pensadores apelan a la «dignidad humana» y la necesidad de defender el libre albedrío o libertad a toda costa. A pesar de lo común del uso de la expresión «dignidad humana», no deja de ser una alegoría poética más que un término bien entendido en términos racionales. Skinner (1971) considera, no sin razón, que el uso de palabras como «libertad» y «dignidad» humanas procede de supersticiones detestables. Son hombres de poca fe aquellos que proclaman la necesidad de la libertad a toda costa, que no creen en la capacidad humana de vivir

en el desierto del nihilismo. Es probable que no podamos seguir aplicando el término «responsabilidad», pero sí se pueden establecer algunos criterios de orden social, y en concreto de castigo, que es lo que incumbe directamente a dicho orden a fin de evitar las acciones perjudiciales para una comunidad. No se necesita ser responsable, en el sentido de haber escogido «libremente», para recibir castigos. El castigo puede ser aplicado por otras razones, por ejemplo la prevención de futuros delitos o faltas.

Y no es que las alegorías poéticas se escapen a la sensibilidad de quien apuesta por una visión fatalista. Tal y como Boltzmann dijera, diría yo también:

«Me represento el horror que puede inspirar mi tesis al idealista que temería ver barrido todo lo grande y todo lo sublime, y arruinada toda poesía en beneficio de un mecanismo vacío de todo sentimiento. Pero tal temor me parece que se basaría en la incompreensión total de lo que he dicho hasta ahora.» Boltzmann (1900-1902)

En efecto, hay una poesía sublime en la idea de que todo se reduce a un materialismo mecánico, y hay belleza en tal idea. Lejos de la ciencia, en la prosa o versos literarios de inspiración filosófica, también encontramos múltiples ejemplos de ensalzamiento estético del fatalismo. El amor al fatalismo es considerado por algunos poetas excelsos como la mayor gloria del entendimiento humano. Por ejemplo, Omar Khayyam en el *Rubayyat* escribe poéticamente la apasionada resignación de un determinismo religioso absoluto. El filósofo, astrónomo y poeta persa del s. XI/XII medita sobre el dolor de la existencia y la muerte que a buen seguro nos espera.

La negación del libre albedrío, que desploma una buena parte de los sistemas filosóficos habidos y por haber, no es el fin del pensamiento, no es la destrucción de los sueños humanos. Todo lo contrario. Es el comienzo, el comienzo de un pensamiento que eleva al hombre más allá de sus propias estrellas. Es el camino hacia la creación sin límites. Es el sueño eterno que confunde la vida con la muerte, el ser con el no ser. Al fin, seres humanos, alcanzaremos la inmortalidad anhelada.

### Referencias bibliográficas

- Adler M. J., ed., 1973, *The idea of freedom. A Dialectical Examination of the Conceptions of Freedom*, Greenwood Press, Westport.
- Anderson P. W., 1972, «More is Different», *Science*, August 1972, pp. 393-396.
- Arana J., 2002, «La libertad, frente a la necesidad y el azar», manuscrito.
- Ayala F. J., 1983, «Biology and Physics: Reflections on Reductionism», en: Van der Merwe A., ed., *Old an new questions in Physics, Cosmology, Philosophy and Theoretical Biology*, Plenum Press, New York, pp. 525-534.
- Bass L., 1975, «A quantum mechanical mind-body interaction», *Foundations of Physics*, Vol. 5(1), p. 159.
- Batterman R. W., 1991, «Randomness and probability in dynamical theories: on the proposals of the Prigogine school», *Phil. of Sci.*, 58, 241.
- Beck F. & Eccles J. C., 1992, «Quantum aspects of conciousness and the role of conciousness», *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 89, 11357.
- Bohm D., 1952, «A suggested interpretation of the quantum theory in terms of hidden variables I and II», *Physical Review*, 85, 166.

- Bohm D. y Hiley B. J., 1993, *The Undivided Universe: An Ontological Interpretation of Quantum Mechanics*, Routledge.
- Boltzmann L., 1900 y 1902, en: 1903, *Über die Principien der Mechanik: Zwei akademische Antrittsreden*, S. Hirzel, Leipzig. Traducido al español en: 1986, «Sobre los principios de la mecánica», en: *Escritos de mecánica y termodinámica*, Alianza, Madrid.
- Boltzmann L., 1904, conferencia, en: 1905, *Populäre Schriften*, Barth, Leipzig, ensayo 19. Traducido al español en: 1986, «Sobre la mecánica estadística», en: *Escritos de mecánica y termodinámica*, Alianza, Madrid.
- Büchner L., 1855. Traducido al español en: 1905, *Fuerza y materia. Estudios populares de historia y filosofía naturales*, F. Sempere y Comp., Valencia. Reproducido en: 1999, Fundación Gustavo Bueno, Oviedo.
- Bueno G., 1995, *¿Qué es la ciencia?*, Pentalfa, Oviedo.
- Cohen-Tannoudji C., Diu B. & Laloë F., 1977, *Quantum mechanics*, John Wiley & Sons., London-New York, cap. 3.
- Compton A. H., 1935, *The freedom of man*, Yale University Press, New Haven.
- Compton A. H., 1981, «Reinventing the philosophy of Nature», *Review of Metaphysics*, p. 3.
- Comte A., 1842, *Cours de philosophie positive*, Paris. Traducido al español en: 1987, *Curso de filosofía positiva. Augusto Comte*, Magisterio, Madrid.
- Crick F., 1994, *The Astonishing Hypothesis: The Scientific Search for the Soul*, Simon and Schuster, London. En español: 1994, *La búsqueda científica del alma*, Debate, Madrid.
- Deeke L., Grötzingler B. & Kornhuber H. H., 1976, «Voluntary finger movements in man: cerebral potentials and theory», *Biol. Cybernetics*, 23, 99.
- Descartes R., 1641, *Meditationes de prima philosophia*, Paris. En español: 1977, «Meditaciones acerca de la filosofía primera en las cuales se demuestra la existencia de Dios, así como la distinción real entre el alma y el cuerpo del hombre», en: *Meditaciones metafísicas con objeciones y respuestas*, Alfaguara, Madrid.
- Eccles J. C., 1973, *The Understanding of the Brain*, McGraw Hill, New York.
- Eccles J. C., 1975, *Facing Reality*, Springer-Verlag, New York-Heidelberg.
- Eccles J. C., 1994, *How the Self controls its Brain*, Springer-Verlag, Berlin.
- Eddington A. S., 1932, «The decline of determinism», *Mathematical Gazette*, 16, 66.
- Fernández Rañada A., 1982, «Determinismo y caos en las leyes físicas», en: *Actas del I Congreso de teoría y metodología de las ciencias*, Oviedo.
- Fetzer J. H., 1988, «Probabilistic metaphysics», en: Fetzer J. H., ed., *Probability and Causality*, Reidel, Dordrecht, pp. 109-132.
- Feynman R. P., Leighton R. B. y Sands M., 1965, *The Feynman Lectures on Physics, Quantum Mechanics, Vol. III*, Addison-Wesley, Massachusetts, chapter 2. En español: 1987, *Feynman, Física, Vol. III: Mecánica cuántica*, Addison-Wesley Iberoamericana, Wilmington (Delaware).
- Frank P., 1957, *Philosophy of Science*, Prentice-Hall, Englewood (N. J.), chapter 10.
- Gallagher R. y Appenzeller T., 1999, «Beyond Reductionism», *Science*, 284, 79
- Goldenfeld N. y Kadanoff P., 1999, «Simple Lessons from Complexity», *Science*, 284, pp. 87-89.
- Heitler W., 1963, *Man and science*, Basic Books, New York.
- Hobbes T., 1654, *Of Liberty and Necessity*. En español: 1991, *Libertad y necesidad y otros escritos*, Ed. 62, Barcelona.
- Horgan J., 1994, *Scientific American*, 271(1), 72. En español: 1994, «¿Puede explicarse la conciencia?», *Investigación y Ciencia*, 216, 70.
- Jordan P. En inglés: 1944, *Physics of the twentieth century*, Philosophical library, New York.
- Jordan P. En inglés: 1955, *Science and the course of history*, Yale University Press, New Haven.



- Josephson B. D. & Pallikari-Viras F., 1991, «Biological Utilization of Quantum Nonlocality», *Foundations of Physics*, 21(2), 197.
- Kafatos M. & Nadeau R., 1990, *The Conscious Universe*, Springer-Verlag, New York.
- Kant I., 1788, *Kritik der praktischen Vernunft*, Riga. En español: 1994, *Crítica de la razón práctica*, Sígueme, Salamanca.
- Kant I., 1928, *Reflexionen zur Metaphysik II* (texto inédito). Selección traducida al español en: 1991, R. Rodríguez Aramayo, ed., *Kant. Antología*, ediciones Península, Barcelona, cap. 6.
- Khayyam O. Traducido al español en: 1994, *Rubaiyat*, Edicomunicación, Barcelona.
- Laplace P. S., 1814, *Essai philosophique sur les probabilités*. Traducido al español en: 1985, *Ensayo filosófico sobre las probabilidades*, Alianza, Madrid.
- La Mettrie J., 1749, *L'Homme Machine*. En español: 1961, *El hombre máquina*, Universitaria de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Libet B., 1985, «Unconscious cerebral initiate and the role of conscious will in voluntary action», *Behavioral and Brain Sciences*, 8, 529-566.
- Libet B., 1987, «Are the Mental Experiences of Will and Self-Control Significant for the Performance of a Voluntary Act?», *Behavioral and Brain Sciences*, 10, 783-786.
- Lillie R. S., 1927, «Physical indeterminism and vital action», *Science*, 46, 139.
- Lucretius C. T., *De rerum natura*. En español: Lucrecio C. T., 1990, *La naturaleza*, Akal, Madrid.
- Ludwig K., 1995, «Why the Difference Between Quantum and Classical Physics is Irrelevant to the Mind/Body Problem», *Psyche*, 2(16).
- Marcer P. J., 1992, «The Conscious Machine and the Quantum Revolution in Information Technology», *Kybernetes*, 21(1), pp. 18-22.
- Margenau H., 1961, *Philosophical Perspectives of Modern Science*, Yale University Press, New Haven.
- Mulhauser G. R., 1995, «On the End of a Quantum Mechanical Romance», *Psyche*, 2(19).
- Mitchison T. & Kischner M., 1984a, «Microtubule assembly nucleated by isolated centrosomes», *Nature*, 312, 232.
- Mitchison T. & Kischner M., 1984b, «Dynamic instability of microtubule growth», *Nature*, 312, 237.
- Neumann J. von, 1932, *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*, Springer-Verlag, Berlin. En inglés: 1955, *Mathematical foundations of quantum mechanics*, Princeton University Press, Princeton.
- Niven W. D., ed., 1890, *Scientific Papers of James Clerk Maxwell*, Cambridge.
- Oppenheim P. y Putnam H., 1958, «Unity of Science as a Working Hypothesis», en: H. Feigl, M. Scriven y G. Maxwell, eds., *Minnesota Studies in the Philosophy of Science: Volume II*, University of Minnesota Press, Minneapolis, MN, pp. 3-36.
- Penfield W. & Perot P., 1963, «The Brain's Record of Auditory and Visual Experience. A Final Summary and Discussion», *Brain*, 86, 595.
- Penrose R., 1994, *Shadows of the Mind*, Oxford University Press, Oxford.
- Pérez Chico D., López Corredoira M., 2002, «Sobre el libre albedrío. Dos únicas opciones: dualismo o materialismo», *El Catoblepas*, 2, 1.
- Popper K. R., 1956, *The Open Universe. An argument to indeterminism. From the Postscript to the Logic of Scientific Discovery*. Traducido al español en: 1994, *El universo abierto. Un argumento en favor del indeterminismo. Postscriptum a La Lógica de la investigación científica*. Vol. II, Tecnos, Madrid.
- Popper K. R. & Eccles J. C., 1977, *The Self and Its Brain*, Springer-Verlag, New York-Heidelberg. En español: 1980, *El yo y su cerebro*, Labor, Barcelona.
- Prigogine I., 1994, *Les Lois du Chaos*, Flammarion, París.

- Prigogine I., 1996, *La fin des certitudes*, Jacob Odile, Paris. Traducido al español en: 1997, *El fin de las certidumbres*, Taurus, Madrid.
- Prigogine I. y Stengers I., 1979, *La nouvelle alliance - Métamorphose de la science*, Gallimard. Traducido al español en: 1983, *La nueva alianza. Metamorfosis de la ciencia*, Alianza, Madrid.
- Prigogine I. y Stengers I., 1984, *Order Out of Chaos*, Bantam Books, New York.
- Prigogine I. y Stengers I., 1988, *Entre le temps et l'éternité*, Librairie Arthème Fayard. Traducido al español en: 1990, *Entre el tiempo y la eternidad*, Alianza, Madrid.
- Rosu H. C., 1997, «Essay on Mesoscopic and Quantum Brain», *Metaphysical Review*, 3 (8), 1.
- Schopenhauer A., 1841, *Die beiden Grundprobleme der Ethik*. En español: 1993, *Los dos problemas fundamentales de la ética*, Siglo veintiuno, Madrid.
- Scott G. P., 1985, *Atoms of the living flame. An Odyssey into Ethics and the Physical Chemistry of Free Will*, University Press of America, Lanham, cap. 14.
- Shimony A., 1988, «The reality of the quantum world», *Scientific American*, 258(1), 46.
- Skinner B. F., 1971, *Beyond Freedom and dignity*, Knopf, New York. Traducido al español en: 1986, *Más allá de la libertad y la dignidad*, Martínez-Roca, Barcelona.
- Sklar L., 1992, «The introduction of Probability into Physics», en: *Philosophy of Physics*, Oxford University Press, Oxford, cap. 3.
- Smith C. U. M., 1970, *The brain. Towards an Understanding*, Putnam, New York. Traducido al español en: 1972, *El cerebro*, Alianza, Madrid.
- Sperry R. W., 1964, «The Great Cerebral Commissure», *Scientific American*, 210, p. 42.
- Spinoza B. de, 1677, *Ethica*. Traducido al español en: 1987, *Ética*, Alianza, Madrid.
- Stapp H. P., 1991, «Quantum propensities and the brain-mind connection», *Foundations of Physics*, Vol. 21, 12, p. 1451.
- Stapp H. P., 1993, *Mind, matter and quantum mechanics*, Springer-Verlag, New York.
- Stapp H. P., 1995, «Why classical mechanics cannot naturally accommodate consciousness but quantum mechanics can?», *Psyche*, May 1995, 2(5).
- Stenger V. J., 1997, Quantum Quackery, *Skeptical Inquirer*, 21(1), 37.
- Vallejo Arbeláez J., 1980, *Las fronteras de las libertades* (4 volúmenes: Libro I: *La libertad y las ciencias*; Libro II: *La libertad en la filosofía*; Libro III: *La libertad humana ante la ética y el derecho*; Libro IV: *La práctica de la libertad*), Bogotá.
- Wigner E. P., 1961, «Remarks on the mind-body question», en: *The Scientist Speculates*, I. J. Good, ed., W. Heinemann, London, pp. 284-302.
- Wigner E. P., 1967, *Symmetries and Reflections*, Indiana University Press, Bloomington
- Ziman J., 1968, «What is Science?», en: *Public Knowledge*, Cambridge University Press, New York, pp. 5-27.

\* \* \*

Martín López Corredoira  
 Astronomisches Institut der Universität Basel  
 Venusstrasse 7  
 CH-4102 Binningen. Suiza  
 E-mail: martinlc@astro.unibas.ch