

El principio de correspondencia*

Ricardo Sánchez Ortiz de Urbina

I. *Introducción*

En la primera década del s. XX, se produjo en diferentes áreas culturales –física, música, filosofía...- un cambio de orientación que podría calificarse como el paso de una situación “clásica” a otra no clásica, o post-clásica. Se habla así, por ejemplo, en la física (Planck), del cambio inicial de la física clásica a la física cuántica. En la música (Schönberg) se suele decir que se pasa del sistema clásico tonal atemperado a la música atonal, pantonal o, al menos, “liberada” de la dominación de la tonalidad. En filosofía (Husserl) empieza el cambio desde una filosofía clásica, de *dominancia eidética* a otra filosofía fenomenológica, que disocia la intencionalidad y la eidética; aunque en una primera fase, sin embargo, intencionalidad y eidética siguen aunadas con la pretensión de erigir la fenomenología en ciencia fundamental y, en una segunda fase, intencionalidad y eidética se disocian en una fenomenología “reformada” o refundada, sin pretensión de ciencia fundamental, como racionalidad intencional arquitectónica en convergencia con la racionalidad eidética.

Un *principio de correspondencia* entre los dominios clásicos y no clásico (cuántico) apareció, por primera vez, con el físico Niels Bohr en un intento de adentrarse en territorios aparentemente misteriosos, pero con medios del terreno clásico conocido.

La extrañeza de los nuevos territorios radicaba en que, en la nueva escala de análisis más fino, el sistema resultaba *inestable* porque su estabilidad se intentaba fundar en mecanismos que habían resultado eficaces en una escala anterior más gruesa, más gruesa: básicamente, la apuesta por el infinito.

El análisis hasta el infinito, que en la época clásica, había logrado resultados espectaculares, ahora resultaba desestabilizador y catastrófico. La genialidad de la intuición de Planck consistió en sustituir lo infinito por lo discreto: si se supone que la energía tiene un carácter discreto y no divisible *in infinitum*, cuando se analiza la radiación térmica, la energía de la radiación disminuirá en la medida en que las longitudes de onda sean más pequeñas, y la energía total de la radiación del cuerpo hueco o negro, será finita, conjurando la catástrofe desestabilizadora.

De la misma manera que, en la física, la persistencia del infinito clásico provocaba la catástrofe ultravioleta, la persistencia, en la música, del infinito implicado en la igualación temperada de la tonalidad, daba lugar a la catástrofe estética de la monotonía musical; y la persistencia del infinito en las filosofías con dominancia eidética suscitaba la catástrofe de una humanidad entendida como especie natural y, en consecuencia, robotizada.

* Nota editorial: el presente artículo es la versión original, en español, del texto publicado en francés en la revista *Annales de Phénoménologie*, 2013, dirigida por Marc Richir. Es, además, una excelente ocasión para enmarcar la reciente edición del libro de Urbina, “Estromatología” y entrar en contacto con la problemática desarrollada en el citado ensayo sobre “los niveles fenomenológicos”, que tienen en este artículo un tratamiento nuclear.

En lo que podemos llamar una *primera fase* del principio de correspondencia, Bohr conjuraba “discretamente” la catástrofe del átomo, estableciendo una correspondencia *desde* lo clásico (infinito) conocido, a lo cuántico (discreto) desconocido, pero al precio de erigir un sistema explicativo en gran medida construido *ad hoc*, como un bricolaje provisional.

En una *segunda fase*, esa correspondencia *desde* lo clásico culmina y da lugar a una física no clásica, verdaderamente explicativa, sin adherencias oportunistas, pero también ahora pagando un alto precio: la escisión del territorio de la física en dos mitades, una clásica (escala macroscópica) y otra cuántica (escala microscópica), de manera que la conexión entre ambos segmentos tenía lugar con lo que dio en llamarse la cuestión de la *medida*, cuestión intratable físicamente, con múltiples interpretaciones más filosóficas que científicas.

El paradigma de esta culminación del principio de correspondencia es la ecuación de Schrödinger, la primera ecuación explicativa cuántica, aunque de alcance muy limitado. Se construye *desde* la ecuación clásica de ondas hamiltoniana, añadiendo la proporcionalidad cuántica entre la energía y la frecuencia de ondas introducida por Einstein. Es así una ecuación de correspondencia, porque su forma es clásica (es una ecuación diferencial con variables continuas) y sus efectos son discretos (la medida de los niveles de energía de un átomo). (1)

En una *tercera fase* (Feynman) la correspondencia se invierte, de manera que ahora lo clásico aparecerá como la situación *límite* desde la situación general cuántica. En consecuencia, lo macroscópico y lo microscópico se unificarán en una serie natural (la *scala naturæ* que los físicos acabarán llamando cosmología cuántica) con niveles de mayor o menor *coherencia* (o decoherencia) en función del medio, y la cuestión polémica de la medida se va desvaneciendo, apareciendo en su lugar, con toda su crudeza, lo que hay en el trasfondo: la apertura de la filosofía clásica a la filosofía fenomenológica. En efecto, el factor común de lo clásico por oposición a lo post-clásico (cuántico, atonal, fenomenológico) es el sometimiento de lo discreto y del infinito meramente potencial al infinito no enumerable del continuo.

En la física, ese imperialismo de la infinitud que permitía valores en cualquier estado, sólo daba lugar, paradójicamente, a análisis de grano grueso. En la música, el infinito exigido por el ajuste del círculo de las quintas, al igualar artificialmente los semitonos, limitaba la utilización de los armónicos considerados disonantes, empobreciendo la experiencia estética.

Pero es en la filosofía donde están las claves de esas catástrofes. El infinito de la dominancia eidética en la filosofía clásica anula los niveles de la realidad, aplanándola y haciendo, por ejemplo, que las ciencias más duras avasallen a las tenidas por más débiles, precisamente las humanas. Es entonces cuando aparece el potencial de ruptura de lo clásico de la fenomenología. Disociando lo que son síntesis intencionales de lo que son síntesis eidéticas, la filosofía fenomenológica explora la realidad como una serie arquitectónica no natural que va desde el mundo vivido, con una universalidad *típica*, no eidética, (pero susceptible de revestimiento eidético) hasta un nivel originario, estrictamente fenomenológico (refractario a toda eidética) donde se generan síntesis de sentido que son meras síntesis esquemáticas. El problema de la *medida* de la escuela de Copenhague con un sujeto hipostasiado que

mide desde fuera y enlaza lo clásico y lo cuántico, se desvanece, porque es ahora la propia subjetividad la que resulta medida y estratificada en niveles.

Asistimos así al último avatar del principio de correspondencia. Ya no será la correspondencia entre lo clásico y lo cuántico. Será la correspondencia entre la *scala naturæ*, base naturalista de la filosofía clásica (y del ideal científico reduccionista), y la escala fenomenológica, surgida por *reducción* desde el nivel de la realidad humana y con niveles diferenciados atestables en su *transposición* (en el *progressus* o *katábasis*).

No se tratará de hacer corresponder lo clásico y lo post-clásico, sino de enfrentar la escala natural y la escala fenomenológica que confluyen en el vértice común de la realidad humana, último escalón de la escala natural y primero de la reducción.

Por ejemplo, podremos preguntarnos: ¿podrá hablarse de una correspondencia entre las *transprobabilidades* (amplitudes de probabilidad) de la física cuántica y las *transposibilidades* que explora la filosofía fenomenológica? ¿No habrá en los “caminos” de Feynman, que no son trayectorias *en el tiempo y en el espacio*, un intento de exploración científica que se corresponde estructuralmente con lo que la fenomenología indaga filosóficamente en el nivel originario: procesos de temporalización / espacialización?

En esa nueva correspondencia, la física importaría con provecho nociones acuñadas fenomenológicamente (síntesis esquemáticas sin identidad...) y la filosofía no podría imponer su tradicional *gnoseología*, enredada siempre entre el ideal científico reduccionista y su contrafigura emergentista. Será ahora la *reducción versus el reduccionismo*.

En suma, ¿habrá una correspondencia estructural entre el mundo “salvaje” de la física cuántica, tal como lo califica Feynman, (2) y el territorio, también “salvaje” (*brut ou sauvage*) de la fenomenología en la calificación de Merleau-Ponty? (3)

II *El principio de correspondencia en la música*

El abandono de una cómoda (aunque inestable) situación clásica y la búsqueda de una nueva situación –atonal, cuántica, fenomenológica- es fruto de una profunda *sképsis*, de una indagación activa, larga y básica, que es lo que indica el verbo griego *sképtomai*, *skopéo* (que no es sólo *blépo*, ni *oráo*, ni *theoréo*). Es una búsqueda a fondo, una *Unter-suchung*, que no anula el territorio de partida, sino que lo *amplía*.

La *sképsis* musical que significa el abandono del sistema clásico (la tonalidad atemperada), considerado como una molesta tiranía, la podemos simbolizar en la obra de Schönberg. Su *Harmonielehre* de 1911, publicada en Viena, con dedicatoria a Gustav Mahler por el dolor de su pérdida y la ira por la falta de reconocimiento de su obra, no es sólo, como indica su título, un tratado de armonía, sino un “manifiesto” de la *sképsis* musical, que propugna la liberación de la tonalidad (“rotas las cadenas de la tonalidad...”) y una reflexión profunda sobre la necesaria *correspondencia* entre las dos situaciones creadas.

La atonalidad, o pantonalidad, como prefiere decir Schönberg, es ahora una necesidad para seguir produciendo

arte: “La tonalidad no es ya una exigencia natural para obtener resultados artísticos”, (4) (habría que subrayar el adjetivo *natural*). La tonalidad atemperada era, en realidad, una acomodación *artificial*, que implicaba el infinito en la dimensión horizontal (melódica, contrapuntística) y acortaba la dimensión vertical (armónicos), limitando las posibilidades de composición. El infinito estaba solapado en el sistema de la tonalidad atemperada clásica, como lo estaba también en la física clásica no cuantizada y en la filosofía clásica de dominancia eidética sin apertura intencional. Y, en los tres casos, el infinito produce catástrofes diversas.

La catástrofe musical consiste en que la atemperación de la escala restringe los armónicos hasta el quinto (el sexto, si se cuenta el sonido fundamental) y se consideran los demás armónicos como extraños, asonantes, amusicales. Paradójicamente el infinito resulta limitador. La liberación de la tonalidad atemperada significará, en primer término, la ampliación de las escalas hasta la escala total cromática y la recuperación de todos los armónicos, libres de la sospecha y el baldón de la asonancia.

De la misma manera que, en su día, los modos griegos, y luego los eclesiásticos, se abrieron a la tonalidad mayor y menor, y ésta acomodó sus frecuencias *cerrando* el círculo de las quintas, mediante un ajuste infinito (no enumerable), ahora se abre la tonalidad a una pantonalidad horizontal y a una armonía vertical con un infinito enumerable.

En efecto, la igualación y la atemperación de las tonalidades, propuestas en el s. XVI por el músico ciego Francisco Salinas (*De musica libri septem*, 1577) y, anteriormente, por Bartolomé Ramos de Pareja (1482) y calculadas con exactitud por Mersenne (*Harmonie universelle*, 1636), y sancionada formalmente por Bach en su *Wohltemperierte Klavier*, implica el infinito, como la física clásica.

Si la *ratio* de frecuencias en el intervalo de octava es de 2/1, y si se cierra el círculo de los intervalos de quinta, de manera que partiendo de la nota C, tras once tonos (G, D, A, E, B...F) se vuelve a C, las frecuencias quedan ajustadas en el número: raíz 4 de 5: 1,4952... que es un número irracional, y el semitono (intervalo de segunda) queda igualado y ajustado, de manera que su *ratio* de frecuencias es el número: 1,0594... que es también irracional (raíz doceava de 2).

Este ajuste infinito facilita las modulaciones y las transposiciones entre tonalidades (cambios de tono conservando los intervalos), haciendo que las diferencias “emocionales” entre tonalidades (las *Tonempfindungen* de Helmholtz) sean meramente “subjetivas”. En realidad, lo que hace el compositor, al elegir una tonalidad, es prejuzgar las características afectivas de la elegida. (5)

Como se sabe, seguramente la “modernidad” de la propuesta del ciego Salinas inspiró la soberbia oda de su colega de claustro Fray Luís de León (ambos eran catedráticos en la Universidad de Salamanca). En su quinta estrofa, canta Fray Luís:

*Y como está compuesta
de números concordes, luego envía
consonante respuesta,*

*y entre ambas a porfía
se mezcla una dulcísima armonía. (6)*

Pero, pese al entusiasmo del poeta, el infinito del ajuste racional melódico en la horizontal limita la consonancia armónica, expulsando los armónicos tímbricos alejados al infierno de la disonancia. Los armónicos impares, a partir del séptimo, son entonces considerados como discordantes, “metálicos”.

No dice Schönberg, sin embargo, que la atonalidad (pantonalidad) sea, en los nuevos tiempos, condición obligada de una composición musical (todavía queda lejos el sistema dodecafónico y mucho más lejos la ortodoxia serial de Darmstadt). La obra de arte es para él, que es un artista además de un teórico, un *constructum* de sensaciones. Es decir, (en traducción fenomenológica) la obra de arte no es una construcción objetiva, basada en síntesis de apercepción, sino una construcción necesaria, basada en los contenidos sensitivos (*Empfindungen*) de las fantasías perceptivas que no son síntesis intencionales estrictas (las que dan lugar a objetos). No hay más síntesis en la música que esa síntesis del constructo no objetivo de la obra de arte musical. Y esa síntesis del constructo está sometida a la ley del cambio más corto. Es una ley de sobriedad: “hacer sólo aquello que es estrictamente necesario para el encadenamiento de los acordes” (7): el menor movimiento posible frente a la agitación modulatoria. Así pues, esas articulaciones de sensaciones son relativamente independientes de las técnicas, de los sistemas y de las teorías de una época determinada.

En consecuencia, en virtud de un principio de correspondencia, recomienda Schönberg al alumno, principal destinatario de su libro, que no se lance alegremente a utilizar “enlaces duros”, novedosos, y que sea “más maduro que osado”, (8) pues “nadie ama a sus antepasados, tan profunda, tan íntima, tan respetuosamente, como el artista que crea algo auténticamente nuevo...”. (9) El alumno deberá “desarrollar en él el sentimiento de la forma a través de las rigurosas leyes de la antigua teoría, hasta que en el momento oportuno se le pueda decir hasta dónde puede ir y cómo debe conducirse para arrumbar en la práctica esas reglas” (10). Pero todo esto no quiere decir que el sistema tonal sea definitivo: la música “ha tenido oportunidad hasta hoy de alcanzar sus límites gracias a las leyes de la tonalidad, pero la tonalidad no es una exigencia natural para obtener resultados artísticos”. (11)

La conexión inmediata de sonido y sensación, que está en la base de la música, corre el riesgo de perderse, si el agotamiento de los tonos temperados, ligados hasta el infinito, son atraídos resolutivamente hacia el tono fundamental, empobreciendo la densidad necesaria del halo tímbrico que proporcionan los armónicos lejanos. De este modo, enuncia Schönberg su principio de correspondencia: mientras que el “compromiso” de la tonalidad atemperada impone límites a la armonía, declarando la expulsión de las asonancias y escindiendo la línea melódica horizontal de la línea armónica vertical, la recuperación de las disonancias como armonía exigirá la ruptura, o superación, de las cadenas de la tonalidad y la conexión íntima entre la dimensión horizontal y la vertical, que ya no podrá ser una “armonización” añadida.

Esa es la ampliación a la nueva situación postclásica, regulada, en principio, por la correspondencia.

Schönberg observa cómo el sistema antiguo ya rendía, vergonzantemente, un homenaje al sistema nuevo: las notas de paso, las notas de adorno, los retardos, las anticipaciones... no eran sino el reconocimiento implícito de las nuevas armonías que, sin embargo, se negaba explícitamente a admitir: un mero tatuaje pueril.

El síntoma indudable de que, pese a tales artilugios, la tonalidad clásica se agotaba y debía ampliarse, es que promovía cada vez más un tipo de experiencia estética hedonista (“el hedonista se conforma con menos”) (12). Lo que está ocurriendo es la degeneración de la experiencia estética convertida, cada vez más, en ratificación hedonista del gusto propio (me gusta, no me gusta...). Cuando de lo que se trata, en una verdadera experiencia estética, es del *juicio del gusto*, es decir, del enjuiciamiento del gusto propio. Es el gusto el juzgado.

El manifiesto artístico oculto tras el formato de tratado (*Lehre*) del libro de Schönberg que comentamos no es, pues, sino la afirmación de la correspondencia existente entre dos infinitos: el infinito clásico, no enumerable y catastrófico (el semitono igualado como raíz 12 del intervalo 2/1) de la tonalidad atemperada, y el infinito enumerable, armónico y cuantizado, que remite a una escala también ampliada, la escala cromática (por el momento), puesto que la tonalidad no está condenada a la necesidad impuesta por un sonido que se considera fundamental.

La riqueza armónica no viene dada por la obsesión clásica de pasar por muchas tonalidades, modulando sobre lo ya articulado convencionalmente, sino por la “abundancia de grados empleados”. Las disonancias así recuperadas como “números concordes”, que decía el poeta, son ahora “consonante respuesta” y hacen que las sensaciones gastadas con los sonidos *posibles* sean sensaciones nuevas de sonidos *transpobles* dentro del constructo sintético de la obra (que no es previa a una “armonización” añadida).

III *El principio de correspondencia en la “física cuántica antigua” (primer periodo).*

El principio de correspondencia, en sentido estricto, fue formulado y aplicado, por primera vez, por Niels Bohr. En un artículo publicado en el *Philosophical Magazine*, en 1913 (“On the constitution of atoms and molecules”), “ejercitó”, por primera vez, este principio, al analizar las órbitas estacionarias de los electrones. Mientras que, en la mecánica clásica, la energía del electrón podía tener cualquier valor, en la nueva mecánica, hay sólo algunas órbitas posibles, aquellas permitidas por una energía proporcional al producto de la mitad de la frecuencia de revolución multiplicada por la constante de Planck y por un número entero positivo arbitrario (primer número cuántico). En caso contrario, las órbitas serían, por la radiación de energía, cada vez menores, y el átomo se desestabilizaría.

En el mismo año de 1913, en diciembre, en la Sociedad Física de Copenhague, expuso Bohr claramente, de modo representado y no sólo ejercido, el principio de correspondencia entre la nueva teoría cuántica y la electrodinámica clásica. Se empezó entonces a hablar, entre los físicos, de una *Allgemeine Korrespondenz*. Sommerfeld prefería decir un *Analogieprinzip*, un principio de analogía que, *desde* lo clásico, se abría a lo cuántico, mediante condiciones que limitaban *ad hoc* las infinitas posibilidades clásicas. Las órbitas estacionarias estables

eran ahora las únicas posibles, porque las demás tendrían probabilidad cero. Es justamente esta concepción clásica de la posibilidad como probabilidad (y de la probabilidad como posibilidad) lo que define en su origen el principio de correspondencia: “la analogía más estrecha posible entre la teoría cuántica y la teoría ordinaria de la radiación”.

Como veremos más adelante, en el tercer período de la física cuántica (convencionalmente a partir de Feynman) desaparecerá esa probabilidad clásica, y todos los “caminos” de una partícula serán simultáneamente probables, con distinto peso o coeficiente de transprobabilidad. La posibilidad será transposibilidad en el horizonte de la nueva fenomenología.

En Bohr, el principio de correspondencia suplía la ausencia de una adecuada, “verdadera” teoría explicativa. Cuando las viejas teorías no funcionan, se necesita una guía para orientarse en el territorio desconocido. Aunque, a la postre, la guía aparezca incorrecta, cumple, entretanto, su “papel instrumental y metodológico”. (13)

La quiebra del mundo clásico consiste, como hemos dicho, en la quiebra del infinito. Tanto en la *sképsis* musical, como en la *sképsis* física o en la filosófica, el fin de lo clásico es el fin de lo que tiene estructura continua (infinito actual), ya sea por atemperación de la tonalidad, por divisibilidad de la energía hasta el infinito o por dominancia exclusiva de las configuraciones eidéticas no intencionales.

Paradójicamente, en el mundo clásico, el infinito daba cuenta “rigurosa” de la realidad, siendo así que esa realidad macroscópica, a escala de cuerpo humano, sólo funcionaba con la *aproximación* del mundo vivido. Sólo cuando los análisis se hicieron más finos, en escalas más reducidas, microscópicas, se comprobó que la persistencia del infinito producía catástrofes, como sentenció Ehrenfest en 1911. En la física, la disminución de la escala analizada, obligada cuando se acometieron los problemas de la distribución de la radiación, condujo a la cuantificación de la energía (de la acción), y en la filosofía, la mayor precisión de los análisis lógicos (Husserl) condujo a disociar la eidética de la intencionalidad. Pero, a diferencia de la música, donde la transición fue más rápida (aunque más compleja y plural en el desenlace), en la física y en la filosofía, en el paso de lo clásico a lo cuántico e intencional, la transformación fue lenta y gradual.

En la física cuántica podemos distinguir convencionalmente tres períodos: el antiguo, de Planck a Bohr; el medio, áureo, de Heisenberg y Schrödinger a Dirac; y el nuevo, desde Feynman y Gell-Mann...

Y en filosofía, también tres períodos: la fenomenología estándar (estática y genética) de Husserl y sus epígonos, y la fenomenología “reformada”, refundada o refundida, que se está haciendo...

El abandono del infinito como definitiva clave de la ciencia clásica, fue obra de dos científicos alemanes de primera línea, cuya vida transcurre en una curiosa inversión: uno es un probo funcionario conservador, obsesionado con el segundo principio de la termodinámica y la irreversibilidad, y que, en un “acto de desesperación”, acaba en científico revolucionario. Y el otro es un pacifista apátrida con intereses universales que acabaría pasando a la historia, pese a sus descubrimientos deslumbrantes, como un científico conservador. Planck rompe con el infinito

analizando la radiación y Einstein analizando la materia. Analizando la radiación del cuerpo negro, Planck se vio obligado *malgré lui*, a cuantizar la energía, prohibiendo su divisibilidad infinita, para evitar que en la radiación, en la ley de Wien, que distribuye la energía según la longitud de onda, la energía correspondiente a longitudes de onda grandes se disparase al infinito. Sin explicación teórica adecuada, Planck dio con la fórmula que abría las puertas de la nueva física: la proporcionalidad entre la energía y la frecuencia, con una constante misteriosa de proporcionalidad: fórmula *tenebrosa*, como dice el físico Aslangul (14). En su “acto de desesperación”, se ve arrastrado además a adoptar la formulación estadística de la entropía de Boltzmann, con lo que su querido segundo principio de la termodinámica quedaba afectado por la probabilidad.

En todo caso, el horizonte mental de Planck era clásico. Pese a su afirmación solemne, en la histórica sesión del 19 de octubre de 1900, en Sociedad Alemana de Física, pretendió restablecer, once años después, el principio de continuidad, lo que muestra el difícil equilibrio de la correspondencia *desde lo clásico*.

Einstein rompe también con la continuidad infinita y asume la fórmula “tenebrosa”, que Planck consideraba “una suposición meramente formal”. En su primer artículo, en *Annalen der Physik*, del año de gracia de 1905, la continuidad no se da sólo en el intercambio de energía, sino también en la materia, y eso explica el efecto fotoeléctrico, en el que los electrones desplazados lo son dependiendo de la longitud de onda de la luz incidente, y no de su intensidad.

La paradoja de la que habíamos partido se confirmaba: la escala macroscópica, que era tratada clásicamente con recursos infinitos, no lo era sino como un promedio, mientras que, en lo microscópico, el tratamiento cuántico finito empezaba a producir verdaderas explicaciones científicas.

La lección de estos dos grandes precursores la aplica Niels Bohr al enigma de los enigmas: la estabilidad del átomo. No era posible cualquier órbita del electrón según las infinitas posibilidades clásicas, sino sólo unas órbitas estacionarias seleccionadas que se relacionaban con las líneas espectrales observadas, que proporcionaban las pistas de la correspondencia.

Todo esto lo culmina Sommerfeld revisando el modelo de Bohr con arreglo a la estructura fina de las líneas, teniendo en cuenta además la relatividad especial y generalizando las condiciones cuánticas *ad hoc* establecidas por Bohr. El modelo híbrido que propiciaba el principio de correspondencia entre lo clásico y lo nuevo estaba en marcha.

En su conferencia de aceptación del Nobel, el 11 de noviembre de 1922, en vísperas de lo que podemos considerar la segunda fase del principio de correspondencia, Bohr confesaba paladinamente lo que había hecho:

“Entre los posibles estados de movimiento que se pueden concebir en un sistema atómico, existe un número de los denominados estados estacionarios que, pese al hecho de que el movimiento de las partículas de estos estados obedece a las leyes de la mecánica clásica en considerable medida, poseen una estabilidad peculiar y mecánicamente inexplicable...” (15)

Las cautelas de Bohr son inevitables: “en considerable medida”, “estabilidad peculiar”, “mecánica inexplicable”. Pero están sustentadas por el término *a quo* del principio de correspondencia: las leyes de la mecánica clásica. Poco después las partículas y las órbitas van a perder su identidad.

IV

El principio de correspondencia en la física cuántica del período medio: años 20.

La explicación física que sucedió a los intentos aclaratorios de Bohr mediante su guía de correspondencia en el viaje al microcosmos, tuvo lugar en la mitad de la década de los 20. Entre 1925 y 1926, con una distancia de seis meses, apareció una explicación que culminaba el principio de correspondencia. Y apareció por partida doble, con un aparato matemático totalmente diferente: un aparato novedoso, el álgebra de matrices, por obra de Heisenberg; y otro más clásico, una ecuación diferencial con aplicaciones discretas, por obra de Schrödinger.

La comunidad científica quedó dividida, y la facción más conservadora adoptó claramente el partido del austriaco, la mecánica ondulatoria, mientras que la facción más revolucionaria apostó por la formulación del alemán, la mecánica de matrices. Pero lo que no se suele decir es que el objetivo de ambas propuestas era el mismo: la *renuncia* a las órbitas de los electrones y a las condiciones cuánticas que permitían *ad hoc* su estabilidad. No hay posibilidad de observar, ni de intuir esas órbitas en modo alguno. Y, sin embargo o precisamente por ello, con tal renuncia aparece una explicación válida de lo que está ocurriendo en el territorio nuevo.

Lo que significa:

- a) Que el principio de correspondencia ha llegado a su término. Por decirlo así, muere de éxito.
- b) Que, si se sigue hablando de correspondencia entre lo clásico y lo cuántico, no será una correspondencia desde lo clásico, sino una correspondencia *desde* lo cuántico. Lo clásico acabará siendo el límite (con un comportamiento de cálculo aproximado pese a su obsesión por el infinito) de lo que ocurre en lo cuántico. Tanto Heisenberg como Schrödinger hablan más de *analogía* que de correspondencia.
- c) En esta física cuántica madura del período medio (áureo), los condicionantes oportunistas que hasta Sommerfeld lastraban la nueva física, desaparecen por completo.
- d) La nueva física sigue siendo ciencia física porque, pese a las renuncias a la objetividad y a la identidad (por ejemplo, de las trayectorias, de la determinación simultánea de medidas), sigue habiendo leyes de conservación, aunque algunos físicos cayesen en la tentación inaudita de abolirlas. Es más, las dimensiones de la conservación en lo cuántico son más amplias que en lo clásico. Hay principios de conservación en lo microscópico que no tienen análogo en lo macroscópico. (16)
- e) Cuando los enfoques, en realidad complementarios, de Heisenberg y Schrödinger queden unificados por Dirac en su teoría de la transformación, se descubrirá, con su más fino análisis por inclusión de la relatividad, que hay dimensiones nuevas, puramente cuánticas, irreductibles, sin análogo en lo clásico. Por ejemplo, el magnetismo que se basa en un momento magnético intrínseco: el *spin*. En realidad, Dirac hace algo más que esto. Al asociar la relatividad especial y la teoría cuántica, descubre el “nuevo mundo” de la antimateria.

f) El precio que hay que pagar por la aparición de lo que se supone es una verdadera explicación significará abrir la “caja de los truenos” de las *interpretaciones*, necesariamente de naturaleza filosófica y centradas básicamente en la cuestión, intratable físicamente de la *medida*. (Born tuvo que *interpretar* lo que Schrödinger ya *había hecho*). Y este problema insoluble abrirá el siguiente período de la física cuántica, en el que habrá que contar con la fenomenología, puesto que la medida implica la subjetividad: ¿es la subjetividad la que mide o resulta ella misma medida?

La palabra *Umdeutung*, cambio de explicación de las relaciones cinemáticas y mecánicas, que figura en el título del artículo que Heisenberg envió a la *Zeitschrift für Physik* el 29 de julio de 1925, y publicado 20 días después, podría haber sido más bien *Entsagung*, renuncia, puesto que la explicación de lo que ocurría en el átomo se alcanzaba renunciando a la intuición de todo lo que no fuera observable. La complicación matemática de la propuesta anterior de Bohr al hacerse cargo de las cada vez más finas estructuras de las rayas espectroscópicas, complicaba desmesuradamente el aparato matemático, al igual que le ocurrió en su momento a Ptolomeo. Heisenberg corta el nudo gordiano ateniéndose estrictamente a lo observable, cuyas magnitudes distribuye en tablas (que luego resultarán ser matrices) y cuyo producto no comutativo se le aparece enseguida. Se renuncia sin más a las órbitas. No sólo a su infinita posibilidad de situación clásica, sino a la posibilidad condicionada cuánticamente *ad hoc*.

El vértigo se apoderaría seguramente de Heisenberg pensando que había perdido el suelo físico, pero se restablecería rápidamente al comprobar que, en la nueva situación de renuncia, seguían manteniéndose los principios sagrados de conservación de la energía y de los momentos. Este reflejo positivista radical (atenerse sin más a lo observable) tenía un inconveniente: literalmente Heisenberg no sabía lo que calculaba hasta que también Born le informó de que se trataba del álgebra de matrices. Pero tenía también un premio: el principio de correspondencia invertía su sentido. No va ahora de lo clásico a lo cuántico sino de lo cuántico a lo clásico: “*La física clásica parecía el caso límite de una visualización de una microfísica fundamentalmente invisualizable*”, dirá más tarde en su conferencia de aceptación del Nobel en 1933 (17). Y también al final de dicha conferencia: “*La mecánica cuántica hace posible el tratamiento de los procesos atómicos renunciando en parte a su descripción espacio-temporal y su cosificación*” (18).

Cosificación significa objetivación, y la renuncia “en parte” a la descripción es la renuncia a la identificación de determinados componentes. Lo que significa (pese a la última cautela del “en parte”) que Heisenberg ha cambiado de nivel fenomenológico. El nivel de realidad de su análisis es un nivel en el que no sólo no hay objetividad, sino que tampoco hay identidad. Es un nivel originario, con síntesis esquemáticas. Heisenberg ya no habla de principio de correspondencia sino de analogía. En el mismo año de 1925, Born y Jordan escriben: “*es posible ahora construir una teoría matemática acabada de la mecánica cuántica que muestre llamativa analogía con la mecánica clásica, preservando los rasgos característicos de los fenómenos cuánticos*” (19). Es decir, el nivel de la realidad que ha aparecido desborda las habituales coordenadas gnoseológicas en que se ha movido la ciencia, en particular su ideal reduccionista. Como explicará más tarde la nueva fenomenología no hay

reduccionismo, sino reducción y transposición de niveles en una nueva modalidad fenomenológica del *regressus* de la filosofía tradicional.

La ciencia física ha emprendido un camino, aparentemente positivista, pero ininteligible sin un horizonte filosófico. La evidente indeterminación del nuevo territorio no se acoge a descripciones estadísticas clásicas, sino que exige un nuevo rigor antes desconocido.

Seis meses después, Schrödinger entra en escena. Si el estímulo para Heisenberg fue alejarse del ambiente académico viajando a la isla de Helgoland para curarse de la fiebre del heno, el estímulo para Schrödinger consistió en viajar a la estación de esquí de Arosa (en los Grisones) para curarse de la fiebre erótica. El resultado fue tan brillante como el de Heisenberg pero más accesible para la comunidad de los físicos. La matemática de su ecuación, explicativa de lo que pasa en el átomo, no era una matemática novedosa, sino el cálculo tradicional. En su *annus mirabilis* de 1926, Schrödinger mandó, como una ametralladora, seis artículos a la revista *Annalen der Physik*. En el primer artículo, enviado en enero, se propone sustituir (*ersetzen*) las condiciones cuánticas de Bohr por una nueva función que explora a partir de la superficie de ondas de Hamilton-Jacobi y se inspira en la mecánica ondulatoria de De Broglie.

Efectivamente, la ecuación que encuentra, ya al final de la segunda página del artículo, explica los niveles de energía de Bohr y el espectro de líneas de Balmer. Pero Schrödinger no sabe tampoco lo que efectivamente ha descubierto. En el párrafo tercero de este primer artículo escribe: “*por supuesto es muy recomendable que intentemos conectar la función ψ con algún proceso vibratorio del átomo que se aproximaría más a la realidad que las órbitas de los electrones cuya existencia real está actualmente muy cuestionada.*” (20) Esas supuestas vibraciones estacionarias no son las “ondas progresivas” de De Broglie, pero Schrödinger no sabe lo que son. Sólo sabe que son más reales que lo que había hasta ahora. Literalmente no sabe lo que ha hecho. Piensa que con su ecuación se explica que “en una transición cuántica la energía cambia de una forma de vibración a otra”. Sólo estaba seguro de que su explicación era equivalente a la dada por Heisenberg (artículo recibido en la revista en marzo y publicado en mayo). Será también Born el que acabe explicando lo que Schrödinger efectivamente ha hecho. Einstein había escrito: “*en el intento de reconciliar ondas y partículas, el cuadrado de la amplitud óptica de la onda es la densidad de probabilidad de la existencia de fotones*”. Ahora Born escribe, aplicando esa idea de Einstein a la ecuación de Schrödinger: “*el cuadrado de la amplitud de esta onda esférica, a una distancia grande del centro de dispersión, determina entonces la probabilidad relativa de la dispersión en función de la dirección*”. (21)

Años más tarde, en su conferencia del Nobel, en 1954, echando la mirada hacia el pasado, dirá Born: “*el arte de conjeturar fórmulas correctas que se aparten de las fórmulas clásicas, aún conteniéndolas como un caso límite según el principio de correspondencia, se llevó a un alto grado de perfección*”. (22)

Tanto para Heisenberg como para Schrödinger y para Born, se manifiesta con evidencia el precio (feliz) que había que pagar por la nueva explicación: la apertura a la filosofía, el final de un largo divorcio entre ciencia y

filosofía. Born dirá, al final de la conferencia aludida, a propósito de esa extraña densidad de probabilidad, amplitud de probabilidad o transprobabilidad: “*la respuesta a esto ya no está en la física, sino en la filosofía*”. (23) Y el mismo Schrödinger había escrito en una carta (25 de agosto de 1926, a Wien): “*la física no consta sólo de investigaciones atómicas, ni la ciencia tan sólo de física, ni la vida únicamente de ciencia*”. (La frase entera de la carta está subrayada por el propio Schrödinger). (24) Pero esta apelación filosófica a la vida no resolvía todavía el abismo que el problema de la *medida* había abierto entre lo clásico (el aparato de medida junto con el propio observador) y lo cuántico (lo observado con renuncia a lo observable). El problema de la medida es la herida filosófica que, como herencia, legaron los fundadores junto con una explicación que ya no era un apoyo *ad hoc*. Se abre así para la física cuántica una tercera etapa que coincidirá en el tiempo con el despliegue paralelo de una nueva fenomenología y supondrá el último avatar del principio de correspondencia.

V *La “tercera cuantificación” y la fenomenología.*

La herencia filosófica que, paradójicamente, dejan los físicos positivos no podía tener solución en el marco de la filosofía clásica, de dominancia eidética y, por lo tanto, de infinito. Tampoco podrá ser resuelta por los propios físicos quienes, por primera vez, tienen que contar con el *sujeto* en el seno del formalismo utilizado. Sin duda resonaba entre ellos la sentencia ambigua del viejo sofista: el hombre es la medida de todas las cosas. En la física clásica, el problema de la medida se suponía resuelto de antemano, puesto que las propiedades dinámicas parecían independientes de la observación. Pero ahora es la propia observación la que parece modificar el estado cuántico del sistema observado.

Los intentos realizados para resolver esta embrollada cuestión son variopintos. Bernard d’Espagnat propone, por ejemplo, una *objetividad débil* para delimitar un territorio cuántico que sólo permite la probabilidad de observar y no la probabilidad de estar. Pero, en la física, no aparecen esas variables ocultas que permitirían el paso de unas probabilidades intrínsecas a unas probabilidades de observación.

Hay otros físicos que intentan retroceder a posiciones clásicas. En 1952, David Bohm publica en la *Physical Review* dos artículos brillantes en los que propugna el regreso a una *objetividad fuerte*. “*Deben existir elementos o variables dinámicas definidas de forma precisa, que determinan, como en la física clásica, el comportamiento real de cada sistema individual, y no meramente su comportamiento probable*”. (25) Para Bohm, el territorio cuántico se reduce al clásico puesto que las “*indudables variables ocultas*” se comportan, en un sistema a gran escala, sólo como promedios estadísticos. Las observaciones, dice, siempre se llevan a cabo finalmente en un nivel de precisión clásico. No habría pues escisión alguna, puesto que la densidad de probabilidad de lo cuántico no deja de ser un conjunto estadístico análogo a la mecánica estadística clásica que se impone por necesidades prácticas y no por una limitación inherente a la precisión con la que concebimos las variables que definen el estado del sistema observado.

En 1957, Hugh Everett, a diferencia de Bohm propuso una sutura de la realidad escindida, no clásica, sino cuántica. Según Everett, no es precisa la existencia de un sujeto que realice medidas. Es el universo entero

(cosmología cuántica) un sistema en el que hay probabilidades excluyentes (sin sujeto) que dan lugar a diferentes historias en universos paralelos. Lo cuántico se mantiene en toda la realidad al precio de escindir lo clásico en diferentes ramas simultáneas del universo y que no pueden comunicar entre sí.

Mucho menos delirante es la propuesta de Zurek, denominada de la coherencia/decoherencia. También aquí la realidad está unificada, pero de manera que lo cuántico se manifiesta cuando, en escalas pequeñas, la influencia del medio no es capaz de anular las interferencias (coherencia), mientras que, en escalas grandes, el medio inhibe los aspectos cuánticos (decoherencia), mezclando aleatoriamente las funciones de fase. El problema de la medida desaparece en esta interpretación porque es el *medio* el que suple al observador.

Muy próxima a esta interpretación está la de Richard Feynman, a quien se considera el principal representante de la “tercera cuantificación”. El bagaje filosófico de Feynman era bien escaso, por no decir nulo. Este puede ser el resumen de las convicciones filosóficas de este gran físico: 1º Las ideas filosóficas asociadas con la ciencia generalmente se distorsionan por completo. Hay, pues, que evitarlas. 2º Lo que define una ciencia (su verdad) es simplemente su capacidad de predicción. (26) Sin embargo, parece que también, en un momento dado, quiso Feynman aportar su interpretación “filosófica”. Según cuenta su biógrafo, (27) Feynman propuso, en polémica con von Neumann, lo que podemos llamar la teoría de la correlación. Una medida no sería sino la correlación entre diferentes subsistemas. El subsistema más pequeño quedaría medido cuando se correlacionase con el mayor.

Pero Feynman no siguió especulando. Su aportación a la física cuántica no es tanto la de una teoría *representada* (*in actu signata*) cuanto la de una teoría ejercida (*in actu exercito*) en su propia física. Podemos considerar que Feynman, con su tercera cuantificación que abrió el paso a una teoría cuántica de campos, aborda científicamente el problema de la medida, que escindía la realidad en un segmento clásico y un segmento cuántico, y lo hace cambiando el enfoque matemático. En lugar de utilizar la analogía o correspondencia con la teoría hamiltoniana de la física clásica que, como decía Dirac, “puede ser transpuesta con todos sus detalles en el contexto de la mecánica cuántica”, (28) (y eso es lo que hicieron los padres fundadores en los años 20), utiliza el formalismo lagrangiano, cuya integral temporal es una función de la acción. *Lo que supone cambiar el enfoque de la dimensión temporal*. No es el tiempo que figura ahora en las ecuaciones el tiempo del observador, el tiempo continuo clásico, como en la ecuación de Schrödinger, sino el tiempo haciéndose en su dimensión puramente irreversible: el tiempo de unos “caminos” extraños desde un punto de vista clásico, cuyas amplitudes (cada una con su propio “peso”) tienen una fase proporcional a la integral de la acción (energía por tiempo, en unidades de Planck). Y si cambia el enfoque temporal, cambia el enfoque del sujeto. No habrá un sujeto que mide todas las cosas desde fuera, un sujeto de operaciones, sino un sujeto, él mismo afectado y medido, que puede ser sujeto de operaciones o sujeto de transoperaciones, según el nivel.

Dirac se da cuenta de que ha cambiado la correspondencia y se pregunta al comienzo de su breve artículo (ocho páginas) de 1932: “*¿Qué es lo que corresponde ahora, en la mecánica cuántica, al método lagrangiano de la teoría clásica?*”. Esta es la pregunta que contestará Feynman. Podemos decir que la singularidad del físico Feynman es, pese a su ignorancia y desapego por la filosofía, su profundo instinto fenomenológico. Las cosas

mismas eran para él las leyes de la naturaleza y no las formas más eficientes de hacer cálculos, actitud que, por ejemplo, Gell-Mann, nunca entendió. (29)

En consecuencia, la medida no escindirá ya la realidad en dos segmentos, uno clásico y otro cuántico, sino que, según el nuevo punto de vista cuántico, en la realidad entera, hay un comportamiento cuántico que subyace a un comportamiento que puede ser clásico. Feynman se complace entonces en explicar cómo, en una experiencia clásica, pueden aflorar comportamientos cuánticos, como ocurre, por ejemplo, con la superfluidez y con la superconductividad.

El isótopo 4 del Helio es el más abundante en la naturaleza y, cuando se le licúa, tiene un comportamiento clásico, como todos los líquidos. Pero si se sigue bajando la temperatura se transforma extraordinariamente. Pierde toda la viscosidad y fluye sin resistencia alguna. Es un superlíquido o superfluido que se comporta en la experiencia clásica de modo cuántico, bosónico, y todos los átomos parecen estar en el mismo estado. Ha desaparecido la consistencia fermiónica de la materia y la exclusión de sus componentes (*partes extra partes*), y ya no son posibles ni las turbulencias. El comportamiento cuántico subyacente ha aflorado en el nivel de la experiencia clásica.

Lo mismo pasará con la superconductividad, con el agravante de que el magnetismo, en su raíz (el *spin*), se debe a un momento magnético intrínseco que se añade al orbital y que no tiene análogo clásico. La explicación de la superconductividad, iniciada por Feynman y culminada por Schrieffer, es paralela a la de la superfluidez. También ahora desaparece la resistividad como desaparecía la viscosidad. A temperatura muy baja (experiencia clásica), los electrones se agrupan por parejas y, perdiendo su carácter fermiónico, se comportan como bosones. Varios pares ocupan el mismo espacio al mismo tiempo y la corriente fluye sin resistencia alguna.

En resumen, se constata por procedimientos puramente físicos que la *serie natural* está *unificada* sin que haya un segmento cuántico y otro clásico con su consiguiente correspondencia. Hay un comportamiento cuántico que subyace a todo tipo de experiencia, cuántica o clásica.

Es evidente que lo que está cambiando es el punto de vista. Pero el punto de vista es una cuestión filosófica, no científica. La unificación científica de la *scala naturae*, de la escala natural, sigue ateniéndose al ideal científico reduccionista (y su contrafigura emergentista además del anamorfismo como teoría de compromiso) y ese ideal científico se enmarca en una filosofía clásica de dominancia eidética que es incapaz de oponerse al reduccionismo científico asegurando la realidad de los distintos niveles de la serie.

Ese será el papel que cumplirá la filosofía fenomenológica, la *sképsis* fenomenológica en paralelo con la *sképsis* cuántica. Ha sido el *factum* de la física cuántica, su éxito científico indiscutible, uno de los factores que más han contribuido al descrédito de la filosofía tradicional de dominancia eidética.

El fracaso del reduccionismo es, al mismo tiempo, el fracaso de la gnoseología (teoría de la ciencia) organizada desde las posiciones de la filosofía clásica. Y, en paralelo con la ampliación cuántica, se va a desarrollar la ampliación fenomenológica de la filosofía. Unificada científicamente la escala natural, la realidad humana

aparece finalmente como la única realidad *dada*. El mecanismo filosófico clásico del *regressus* y el *progressus* (*anábasis* y *katábasis*) que es simétrico, no hace sino reiterar la serie natural con sus problemas epistemológicos. Había que cambiar el dispositivo del *regressus*; y eso es lo que hace la fenomenología. Es la *reducción*, asimétrica de la *transposición*, la que desbloquea la situación.

La reducción fenomenológica, desde la realidad humana dada como correlación intencional fundamental, al disociar previamente el componente eidético del intencional, opone a la escala natural una escala intencional fenomenológica. Y en esta serie, mientras que la *reducción* (*regressus*) se produce “de golpe” hasta llegar al nivel esquemático originario, la *transposición* (*progressus*) certifica y atesta, paso a paso, la estructura arquitectónica intencional (operaciones, “contenidos” y síntesis de los diferentes niveles).

Con la reducción desaparece el reduccionismo. Y, al mismo tiempo, la correspondencia entre lo clásico y lo cuántico, que había llegado a su término al unificarse la serie natural, reaparece en la forma de una correspondencia estructural entre la escala natural y la serie fenomenológica. Las dos series, natural y fenomenológica, confluyen en la misma realidad humana, como término (superior) de la primera y como término (inferior) de la segunda, y la estructura de sus niveles se corresponde. Y en esa nueva correspondencia tendría que basarse una filosofía fenomenológica de las ciencias que sustituyese, ampliándola, la vieja gnoseología.

Volvamos a la “tercera cuantificación” que Feynman llevó a cabo con lo que he llamado su instinto fenomenológico. La anécdota se ha contado muchas veces. En 1941 Herbert Jehle, antiguo alumno de Schrödinger, llegó a Princeton huyendo de la barbarie nazi. En la cervecería Nassau, tomando unas cervezas, le habló Feynman de su pretensión de reformular la física cuántica sustituyendo el hamiltoniano por el lagrangiano. Jehle le dijo que había leído una propuesta de Dirac en el mismo sentido en una revista desconocida. En efecto, al día siguiente encontraron el artículo de Dirac de 1932 en la biblioteca de Princeton: “El lagrangiano en mecánica cuántica” (30).

El artículo es un prodigo de exposición concisa, sin la menor grasa retórica que suele oscurecer la falta de ideas. Según Dirac la mecánica cuántica se ha montado (hasta entonces) en una correspondencia con la teoría hamiltoniana de la mecánica clásica. Pero, con el formalismo lagrangiano puede haber ventajas. El hamiltoniano suma la energía potencial y la energía cinética, y utiliza las coordenadas espaciales y la impulsión (momento), pero no la acción, mientras que el lagrangiano resta la energía cinética y la potencial y utiliza las coordenadas espaciales y la velocidad (y también la acción). “Habrá que superar las ideas de la teoría lagrangiana, pero no sus ecuaciones”, sentencia Dirac.

Lo que era verdaderamente importante pero quedaba implícito es que la nueva formulación suponía una nueva concepción del tiempo: no el tiempo externo, continuo, del observador clásico, como en la ecuación de Schrödinger que procede instante a instante, sino el tiempo en bloque, del inicio al fin de la *acción*, en su dimensión de pura irreversibilidad.

El enunciado básico del artículo estaba en la página quinta, de las ocho en total: “La fase de la función de onda corresponde a la función del primer principio de Hamilton en teoría clásica (principio de mínima acción)”. A la genialidad de Dirac “correspondió” la genialidad de Feynman divisando las perspectivas inmensas que con ello se

abrían: una tercera cuantificación, una tercera formulación de la física cuántica. La amplitud es *proporcional* a la fase de la onda de materia, y esa fase viene dada por la acción (en unidades del cuanto de Planck). Es la acción de un “camino”, que no es una trayectoria *en el espacio y el tiempo dados*, porque la partícula (la onda) *recorre simultáneamente muchos caminos*, aunque cada uno de ellos con un diferente “peso” en su probabilidad (su probabilidad intrínseca o *transprobabilidad*). Estamos así en un nivel fenomenológico distinto del nivel clásico (a escala del cuerpo humano), pero en el cual se ha introducido una noción fundamental de la mecánica clásica: la acción (y el principio de mínima acción).

Es decir: mientras en mecánica clásica la acción del lagrangiano determina el camino correcto que, al tener la probabilidad 1, se convierte en trayectoria, asignando a todo el resto de posibles caminos la probabilidad cero, en mecánica cuántica, que es un dominio no de lo posible, sino de lo transponible, todos los “caminos” son transitados *simultáneamente* (no alternativamente según probabilidades) por *extraños* que nos parezcan (extrañeza en el mundo vivido), pero con diferente peso en su contribución, en su “probabilidad” (su amplitud de probabilidad como dirían los físicos, o su transprobabilidad como dirían los fenomenólogos). Todos los “caminos” contribuyen al resultado que se busca, con un peso que es *proporcional* a la acción total de cada camino (integrales de camino).

Que es lo mismo, estructuralmente, que ocurre en el correspondiente nivel fenomenológico. En la búsqueda de sentido transponible, se recorren también *simultáneamente* los “caminos” que exploran lo imprevisible en un tanteo conjunto en el que van oscilando y ajustándose los pesos de sus respectivas transprobabilidades. Eso es pensar. Cuando los “caminos de sentido” se consoliden en trayectorias, habrá entonces identificación de lo posible y una transposición de nivel fenomenológico.

La genialidad de Feynman estuvo en interpretar la “correspondencia” de Dirac como “proporcionalidad”. Bastaría entonces calcular la acción en unidades cuánticas y sumar las contribuciones (las fases) de todos los caminos para ver cómo funciona el mecanismo cuántico y deducir fácilmente su correspondencia con la ecuación de Schrödinger.

Al mismo tiempo se confirma la unificación de la serie óntica entera de la escala natural, que ya no queda escindida por el problema intratable de la medida, y aparece, en su lugar, la arquitectónica de niveles, cuestión que sólo se aclarará definitivamente, a su vez, cuando la filosofía clásica devenga en filosofía fenomenológica.

Un sistema clásico será simplemente el límite de un sistema cuántico, será lo particular frente a lo general. Lo cuántico subyace a cualquier tipo de comportamiento, más o menos clásico, o cuasiclásico. Es lo que en fenomenología se llamaría *transpasabilidad*, la implicación de los niveles “superiores” en todos los “inferiores” (en la reducción).

En efecto, en un sistema clásico, cuando la acción es muy grande (en comparación con la unidad cuántica de acción \hbar), las fases que indican la contribución de los distintos caminos transpobles se cancelan entre sí al sumarse, y estaríamos en el reino de la posibilidad clásico (con sus probabilidades estadísticas). Es el primer principio de Hamilton, el principio de mínima acción de la física clásica, el que le enseñó al niño Feynman en el

bachillerato su profesor el Sr. Bader marcándole para siempre. (31) Mientras que en la escala cuántica (transponible) todos los caminos intervienen y se influyen entre sí *a la búsqueda de sus propios pesos*.

Lo mismo ocurre en el nivel originario de la serie fenomenológica cuando, en la búsqueda de sentido, cuanto más difícil sea esa búsqueda más se amplían los caminos que colaboran, y más extraños se hacen. Cuando hayamos pensado y ajustado los pesos correspondientes, al aumentar la relación intencional, habrá transposición de nivel.

Feynman tenía así expedido el “camino” de su tesis doctoral: “El principio de mínima acción en mecánica cuántica”, en cuyo resumen inicial dice, con estilo *diraciano*:

“Se muestra que si la acción es la integral temporal de una función de la velocidad y de la posición (es decir, si existe un lagrangiano) la generalización se reduce al formalismo habitual de la mecánica cuántica. En el límite clásico las ecuaciones cuánticas se transforman en sus equivalentes clásicas con la misma función de acción” (32).

Queda así reformulado el principio de correspondencia. Feynman no se preocupó de publicar su tesis. Se dio cuenta inmediatamente de que lo que parecía simplemente una nueva presentación de la física cuántica era, precisamente por esa nueva formulación, algo más: pasaba de poder explicar el comportamiento de una partícula, como en la ecuación de Schrödinger, a poder explicar la transformación entera del campo electrodinámico clásico de Maxwell en electrodinámica cuántica. Pero eso es otra historia, en la que volverá a aparecer la lucha contra el infinito y el “remedio” correspondiente que se llamará *renormalización*.

Seis años después de la tesis publicará un artículo más amplio: “*Enfoque espacio-temporal de la mecánica cuántica no-relativista*” (33), en el que, por una parte, acentúa la expresión científica (“Se postula que la contribución debida a un camino simple es un exponencial cuya fase imaginaria es la acción clásica, en unidades \hbar , para el camino en cuestión. La contribución total, debida a todos los caminos, con su referencia x, t , a partir del pasado, es la función de onda $\psi(x, t)$ ”) y, por otra parte, insinúa las dimensiones filosóficas implicadas (espacio, tiempo), sólo tratables por una filosofía en la que no creía.

De esta manera, se pone de manifiesto el *paralelismo* entre la *sképsis* física y la *sképsis* filosófica en su abandono común de las posiciones clásicas apuntaladas por el infinito. Es notable su desarrollo en paralelo. El “acto de desesperación de Planck” es contemporáneo de las *Untersuchungen* de Husserl al comienzo del siglo. La aplicación a la materia de la cuantificación energética por Einstein tiene lugar en la misma primera “década prodigiosa” del siglo en la que Husserl pone en práctica la dinámica intencional en cursos decisivos. La explicación cuántica del período áureo de los años 20 coincide en el tiempo con el desarrollo de la fenomenología genética. Y la tercera formulación de Feynman y su aplicación a la teoría cuántica de campos es simultánea a la propuesta de una renovada fenomenología no estándar.

El papel desempeñado por la cuantificación en su abandono del infinito es análogo al papel de la intencionalidad que se disocia del imperialismo del infinito eidético. Se certifica que la eidética no tiene un origen intencional y que las correlaciones intencionales producen generalidades “típicas”, con una universalidad no eidética.

El infinito estaba instalado como *eidética* en el corazón de la filosofía clásica como lo estaba como *análisis* en la física. Si la transición de lo clásico a lo cuántico tuvo lugar poniendo un límite en el denominador de la energía que hacía imposible la división *in infinitum*, eso mismo hace Husserl con la intencionalidad. La relación intencional que encauza las operaciones que conducen a síntesis no requiere el análisis infinito. En la correlación intencional fundamental, la apercepción perceptiva, la sucesión enumerable y finita de esquicios, necesarios y suficientes para que las operaciones den como resultado síntesis objetivas, hace que lo conseguido posea una generalidad “típica”, con la flexibilidad y capacidad de absorción características del *mundo vivido*, el mundo práctico de la actividad humana. Y lo mismo ocurrirá con las operaciones (y transoperaciones) y con las síntesis de identidad (o puramente esquemáticas) que corresponden a las diferentes correlaciones intencionales, según niveles, que marca la escala de la intencionalidad, la cual será mínima, hasta pasar desapercibida, en el nivel “superior”, donde se hacen los sentidos (como lo es la gravedad en el nivel de la denominada gravedad cuántica), y será masiva en el nivel “inferior” en el que se sintetizan objetos.

El error inicial de Husserl con su pretensión excesiva de convertir a la fenomenología en ciencia, y ciencia fundamental, consistió en asociar la intencionalidad y la eidética. El propósito de la nueva fenomenología disocia la intencionalidad y la eidética y las considera dos instancias racionales diferenciadas e incommensurables. La eidética no tiene un origen intencional (Richir). (34)

Typos se opone a *Eidos*. Mientras que la *típica* (la generalidad empírica) excluye el infinito, la *eidética* (la generalidad pura) lo incluye. La razón por la que esto es así es análoga en la fenomenología y en la física cuántica. Hay en la *acción* un *quantum*, y hay en la intencionalidad un límite. *Grenze*, *Limes* son las palabras que vienen a la pluma de Husserl cuando habla de esta cuestión en *Erfahrung und Urteil*. Por ejemplo, al final de párrafo 86:

“En los conceptos empíricos (*típica*) la infinitud de la extensión significa solamente que puedo representarme un número arbitrario de unidades iguales (*gleicher Einzelheiten*), con lo que algún día encontraré un límite (*Grenze*). En los conceptos puros (*eidética*), por al contrario, la infinitad (*Unendlichkeit*) de poder progresar, está dada con evidencia, antes de toda experiencia” (35).

Y Husserl explica a continuación que es ese *quantum* de la intencionalidad lo que proporciona la flexibilidad al mundo vivido, lo que se hace más evidente en la escala del nivel originario que en la escala del mundo práctico objetivo.

Se puede considerar así una última forma del principio de correspondencia. La correspondencia entre la zona de predominio cuántico de la escala natural, donde los mínimos de la acción impiden las derivadas de las trayectorias (la identidad), y la zona originaria de la escala intencional, donde los *quanta* intencionales impiden no sólo las síntesis eidéticas, sino también las síntesis de identidad, que implicarían una transposición a otro nivel

intencional.

La escala natural y la escala fenomenológica confluyen en la misma realidad humana, pero la articulación de cada una de ellas es muy diferente. La articulación de la escala natural es convencionalmente eidética; en la escala fenomenológica, la eidética puede añadirse por reduplicación a la inicial articulación fenomenológica (niveles de intencionalidad).

El paso por “ampliación” de la filosofía clásica a la filosofía fenomenológica (escisión y posterior colaboración de la intencionalidad y la eidética) afecta a la misma raíz de lo que es el *proceso filosófico* desde su inicio en Platón: la ascensión desde la caverna sensible al sol ideal (*regressus*) y el retorno a la caverna (*progressus*).

La filosofía clásica *recorre la serie natural* progresando desde la realidad cuántica a la realidad humana (*scala naturae*) y, por lo tanto, en ella, el *regressus* procede desde un término “superior” a otro “inferior”. Se superpone así la filosofía clásica de dominante eidética al proceso mismo de las ciencias y su ideal explicativo reduccionista. La filosofía de las ciencias oscilará entonces entre el reduccionismo y el emergentismo, y se convierte así en el límite de la gnoseología fenomenológica.

La filosofía fenomenológica *recorre*, por el contrario, *la serie fenomenológica*, marcada por la arquitectura intencional de las correlaciones correspondientes a los distintos niveles. Regresa entonces (reducción) desde el nivel de la realidad humana como única *realidad dada* (ahora “inferior”) hasta el nivel originario (“superior”), y progresiona por *transposición* de niveles, desde el nivel superior al inferior.

En la filosofía clásica, el *regressus* conduce, paso a paso, hasta un nivel que queda calificado negativamente como indeterminado, y cuando se procede a progresar se confirma la dificultad de diferenciar los niveles, aplastados por la dominancia eidética uniformadora.

En la filosofía fenomenológica, el *regressus*, la reducción (que centró toda la actividad filosófica de Husserl) se produce de golpe, hasta una zona originaria caracterizada positiva y cuádruplemente como zona de *concreción* y *descentramiento*, pero también de *intensidad energética* y *rigor*. Y en el *progressus* se van perfilando con precisión las estructuras de los estratos correspondientes (transposición de las correlaciones).

La fenomenología es así capaz de un discurso riguroso acerca de la zona originaria (la zona de las síntesis que se hacen por transoperaciones), sin que la *aveuglante proximité du réel*, como dice Bitbol, impida el análisis. Es en ese nivel desconcertante por la ausencia de identidad, donde los análisis físicos y los filosóficos pueden *corresponderse* y es de esa analogía de estructuras de lo que se ocupa finalmente el principio de correspondencia que nació para abordar lo originario desde lo convencional.

En particular, el nivel originario no es un nivel de estructuras en el tiempo y en el espacio, sino un nivel de temporalización y espacialización.

Un “camino” de Feynman puede ser continuo pero no tiene derivada. Dirac, en el artículo que iluminó a Feynman, decía que: “debemos esforzarnos por superar las ideas de la teoría lagrangiana clásica, pero no las ecuaciones de la misma teoría”. (36) Y la fenomenología reclama ampliar intencionalmente lo que sólo tenía un tratamiento eidético. En ambos casos, se accede a un nivel que excluye el infinito y donde los mínimos de la acción

y los mínimos del sentido exhiben su poder originario. Tanto los “caminos” simultáneos, con los que una partícula (onda de materia) pasa de un estado a otro, contribuyendo todos ellos al proceso, pero con distinto “peso”, como los “caminos”, también simultáneos y diversos, con los que se hace un sentido, son exploraciones en lo transposible. Y en ambos casos, rige un principio de mínima acción que configura un proceso de temporalización/espacialización, puesto que no son procesos *en* un espacio/tiempo dado.

Los “caminos”, ya sean amplitudes de probabilidad o sentidos transposibles *in fieri*, se agrupan... divergen... configuran así un espacio y ajustan su acción estableciendo un tiempo. Es un espacio originario sin puntos ni distancias y es un tiempo originario sin instantes ni continuidad.

Cuando el sentido se va haciendo, el “espacio” se estrecha, los “caminos” se aproximan, y el “tiempo” se va unificando. Si aumenta la dificultad, los caminos divergen y se diferencian hasta lo más extraño, el “espacio” se amplía y el “tiempo” diversifica su irreversibilidad originaria. Espacialización y temporalización son las dimensiones básicas que se configuran en un nivel originario, de textura transponible y refractario a la eidética.

En la fenomenología, los dispositivos clásicos dejan de funcionar y sólo la *phantasia* bucea en esas síntesis que se hacen esquemáticamente sin llegar a la identificación. En la física cuántica, las matemáticas se simplifican; en vez del análisis, hay unos vectores de estado con un álgebra simple donde se codean familiarmente las *i* imaginarias y las *h* cuánticas...

* * *

En los *Songs of Experience* de 1794, el poeta y dibujante visionario William Blake, experto en la escala de las miniaturas, publicó su poema más famoso, *The Tiger*, donde habla de la *fearful symmetry*, de la horrible simetría, que los físicos llaman *supersimetría* (37). Los dos últimos versos de la primera estrofa dicen así:

*What immortal hand or eye
Could frame thy fearful symmetry?*

Y, después de describir en cuatro estrofas en qué consiste esta terrible simetría, en la sexta y última estrofa del poema repite la primera, cambiando sólo una palabra:

*What immortal hand or eye
Dare frame thy fearful symmetry?*

El Poeta intuye que la terrible simetría originaria no es un territorio de posibilidades (*could*) sino de atrevimiento (*dare*) en la transposibilidad. Es un territorio “salvaje” y “bruto”, como el tigre, pero en el que la nueva ciencia y la nueva filosofía intercambian sus hallazgos, se corresponden y se reconcilian después de un largo divorcio.

Notas

- (1) R. Feynman, R. Leighton, M. Sands, *Lectures on Physics*, vol. III, California, Addison-Wesley, 1965, 16-6.
- (2) R. Feynman, *Electrodinámica cuántica*, Madrid, Alianza Editorial, p.84.
- (3) M. Merleau-Ponty, *Le visible et l'invisible*, París, Gallimard, 1964, p. 331.
- (4) A. Schönberg, *Tratado de Armonía*, Madrid, Real Musical, 1974, p.144.
- (5) J. Jeans, *Science and music*, N.Y., Dover, 1968, p.183.
- (6) Oda de 1577, *A Francisco de Salinas*.
- (7) A. Schönberg, *op. cit.*, p. 39.
- (8) A. Schönberg, *op. cit.*, p. 276.
- (9) A. Schönberg. *op. cit.*, p. 477.
- (10) A. Schönberg, *op. cit.*, p. 159.
- (11) A. Schönberg, *op. cit.*, p. 144.
- (12) A. Schönberg, *op. cit.*, p. 383.
- (13) J.M. Sánchez Ron, *Historia de la física cuántica I*, Barcelona, Crítica, 2005, p. 323.
- (14) Claude Aslangul, *Mécanique quantique*, Bruxelles, De boeck, 2010, p. 13.
- (15) Niels Bohr, “La estructura del átomo”, en: S. Hawking, *Los sueños de los que está hecha la materia*, Barcelona, Crítica, 2011, p. 134.
- (16) R. Feynman, *Lectures on Physics*, vol. III, 17-3.
- (17) W. Heisenberg, “El desarrollo de la mecánica cuántica”, en: S. Hawking, *op. cit.*, p. 331.
- (18) *Ibid. 341*
- (19) J.M. Sánchez Ron, *op. cit.*, p. 442.
- (20) E. Schrödinger, “La cuantización como problema de valores propios”, en: S. Hawking, *op. cit.*, p.356.
- (21) J. M. Sánchez Ron, *op. cit.* p. 472.
- (22) Max Born, “La interpretación estadística de la mecánica cuántica”, en: S. Hawking, *op. cit.*, p. 562.
- (23) *Ibid.*, p. 572.
- (24) J. M. Sánchez Ron, *op. cit.*, p. 452.
- (25) David Bohm, “Una interpretación sugerida de la teoría cuántica en términos de variables ocultas “, en: S. Hawking, *op. cit.*, p. 597.
- (26) R. Feynman, *Lectures on Physics*, vol. III, 2-6.
- (27) Lawrence M. Krauss, *Quantum man, Richard Feynman's Life in Science*, N.Y., Norton, 2011, p. 71.
- (28) P.A.M. Dirac, “Le lagrangien en mécanique quantique” en: R. Feynman, *La thèse de Feynman, Une nouvelle approche de la théorie quantique*. París, Pearson, 2007, p. 103.
- (29) Jesús Navarro Faus, *Los caminos cuánticos:Feynman*, Madrid, Nivola, 2007, p. 170.

- (30) P.A.M. Dirac, “Le lagrangien en mécanique quantique”, en R. Feynman, *op. cit.*, pp. 103-111.
- (31) R. Feynman, *Lectures on Physics*, vol. II, 19-9.
- (32) R. Feynman, “Le principe de moindre action en mécanique quantique”, en: *La thèse de Feynman... op. cit.*, p. 1.
- (33) R. Feynman, “Approche espace-temps de la mécanique quantique non relativiste”, en: *La thèse de Feynman... op. cit.*, p. 63
- (34) M. Richir, *Fragments phénoménologiques sur le langage*, Grenoble, Millon, 2008, pp. 115-165.
- (35) E. Husserl, *Erfahrung und Urteil*, Hamburg, Claassen, p. 410.
- (36) P.A.M. Dirac, “Le lagrangien en mécanique quantique”, en : R. Feynman, *op. cit.*, p. 104.
- (37) La “terrible simetría” o supersimetría, es lo que algunos llaman gran unificación, en un *proceso* de indeterminación y en un grado mínimo de la escala gravitatoria. Se *corresponde*, isomórficamente, con lo que otros llaman reesquematización con sentido, en un *proceso* originario de concreción, descentramiento, energía y rigor, y en un grado mínimo de la escala intencional.