La representación del espacio mediante coordenadas cartesianas y la unidad de la ciencia*

Chuang liu
University of Florida

Resumen

En este artículo, exploro una metáfora en geometría que nos ayuda a entender mejor el debate sobre la unidad y la desunidad de la ciencia, a saber, la posibilidad de poner un sistema (o una gráfica) global de coordenadas cartesianas sobre una variedad (*manifold*). Explicaré las razones por las que ésta es una buena metáfora capaz de mostrar lo que significa (y requiere en principio) la unificación para la ciencia. Posteriormente, examinaré una parte de la literatura sobre el debate unidad/desunidad y mostraré cómo esta metáfora puede iluminar algunos de los argumentos y puntos de vista.

Abstract

In this essay, I explore a metaphor in geometry for the debate between the unity and the disunity of science, namely, the possibility of putting a global coordinate system (or a chart) on a manifold. I explain why the former is a good metaphor that shows what it means (and takes in principle) for science to be unified. I then go through some of the existing literature on the unity/disunity debate and show how the metaphor sheds light on some of the views and arguments.

Palabras clave
Unidad de la ciencia, unificación, reducción, coordinación, sistemas de coordenadas, gráfica, pluralismo.

Key words
Unity of science, Unification, Reduction, Coordination, Coordinate Systems, Chart, Pluralism.

---

* Traducción del inglés por: Carlos Emilio García Duque.

Este artículo difunde resultados de investigación de un proyecto aprobado por la NSF en los Estados Unidos.

Recibido el 7 de abril y aprobado el 16 de mayo de 2006.

1. LA UNIDAD DE LA CIENCIA

La literatura sobre el problema de la unidad de la ciencia se ha ocupado fundamentalmente del problema de las dimensiones epistémicas (excepto Dupré *et al.*, más sobre esto después). Deseo explorar acá una dimensión metafísica de este problema. Me interesa averiguar si el hecho de que la ciencia sea unificable depende de cómo vemos la realidad desde el punto de vista metafísico. Para dar inicio a la discusión sin muchos preámbulos (que serían necesarios en un ensayo más largo), escojo el siguiente punto de partida.

El objetivo es una noción *explicativa* de la *unificabilidad* de la ciencia, que contiene los siguientes elementos (cf. Oppenheim & Putnam 1957).

[U1] Un postulado metafísico: el mundo se compone de una, o unas pocas, clase(s) de constitutivos.
[U2] Una teoría unificada fundamental: una teoría para explicar todas las conductas de los constitutivos.
[U3] Reduccionismo: se puede dar cuenta de todos los enunciados de otros fenómenos (vía enunciados puente) mediante la teoría de los constitutivos.

Hay otras imágenes posibles, como la noción carnapiana a la que regresaré en la sección **4**, que son variaciones de la anterior; y esta imagen descansa en la creencia de que si la unificación ha de ser exitosa, lo será a través o cerca de la trayectoria actual de la ciencia.

También es obvio –a juzgar por el estado actual de la ciencia– que semejante unificación sólo se puede defender como una meta de la ciencia; pero el hecho de que pueda ser una meta depende de que sea posible –en tanto proyecto metafísico– unificar la ciencia. Por lo tanto, necesitamos un marco de referencia metafísico para este propósito, y aquí presento una sugerencia.

2. LA REPRESENTACIÓN DEL ESPACIO MEDIANTE COORDENADAS CARTESIANAS

Desde Descartes se sabe que necesitamos un sistema de coordenadas para representar un objeto geométrico antes de que podamos estudiarlo por medio del análisis algebraico. Obviamente, no todos los objetos se pueden representar de manera apropiada mediante coordenadas; y para nuestro propósito, comenzamos con los espacios topológicos, que *inter alia* están conectados y tienen subconjuntos bien definidos. Un espacio topológico es un par, <X, T>, donde X es un conjunto de puntos y T un subconjunto del conjunto potencia de X tal que (i) la intersección de un número finito de miembros de T también está en T; (ii) la unión de un número arbitrario de elementos en T también está en T; y (iii) tanto el conjunto vacío como X están en T. Un sistema de coordenadas, o una gráfica cartesiana, de cualquier subconjunto abierto de X es un mapa (o función) que envía cada punto del subconjunto a una tupla única de números en R^n, donde $R^n = R \times R \times \ldots \times R$ es un producto cartesiano n-ario de los números reales. Es de este modo como se pueden estudiar algebraicamente las propiedades de los puntos –i.e. las propiedades geométricas– mediante relaciones entre tuplas de números. Por ejemplo, la gráfica para el espacio euclidiano de 3 dimensiones es el sistema de coordenadas cartesianas, R^3.

Se puede pensar que toda variedad (*manifold*) –i.e. una variedad topológica que se puede cubrir mediante gráficas– se puede cubrir mediante una gráfica *singular*. Después de todo, si una variedad (*manifold*) se puede cubrir mediante un conjunto de gráficas, ¿por qué no podríamos extender una de las gráficas para que reemplace al resto? Sin embargo, esto no es cierto. Un contraejemplo simple es una esfera n-dimensional, S^n. Se puede probar que es imposible proyectar S^n en R^n con una función proyectiva singular (ver Figura 1). La forma más fácil de ver esto es imaginar un espacio (n+1)-dimensional en el que vive S^n, donde, en la Figura 1 la superficie 2-dimensional de la página representa el espacio (n+1)-dimensional y el círculo 1-dimensional S^n. Ponemos R^n (R_1 en la Figura 1) en un punto sobre S^n –llamémoslo S– como su espacio tangente. Luego, elegimos sobre S^n el punto directamente opuesto a este punto, llamémoslo N, como el punto privilegiado desde el cual proyectamos estereográficamente todos los puntos de S^n a R^n. Todo punto de S^n se puede proyectar así –mediante ϕ– a un punto distinto de R^n, excepto N, ya que la línea de proyección de N, si podemos llamarla así, es paralela a R^n.

Sin embargo, podemos poner otro R^n en N como su espacio tangente y entonces obtenemos otra gráfica –R_2 en la Figura 1– que coordina cada punto de S^n excepto S; y si podemos usar estas dos gráficas juntas, tendríamos completamente 'cubierto' S^n. El que podamos usar estas dos gráficas juntas está garantizado por su *compatibilidad*, a saber, una transformación, digamos, de R_2 a R_1; con respecto al mismo subconjunto abierto de S^n no introduce ninguna distorsión en la descripción del subconjunto mediante coordenadas. Matemáticamente, esta propiedad se refleja en el requerimiento de que las dos gráficas están C^∞-relacionadas, es decir, que para cualquier intersección no vacía de dos subconjuntos arbitrarios abiertos de S^n, $\phi \circ \psi^{-1}$ y $\psi \circ \phi^{-1}$ son funciones infinitamente diferenciables. Las dos gráficas, R_1 y R_2, están obviamente C^∞-relacionadas porque ϕ y ψ son C^∞ y ya que son 1-1 en las proyecciones, ϕ^{-1} y ψ^{-1} también son C^∞.[1]

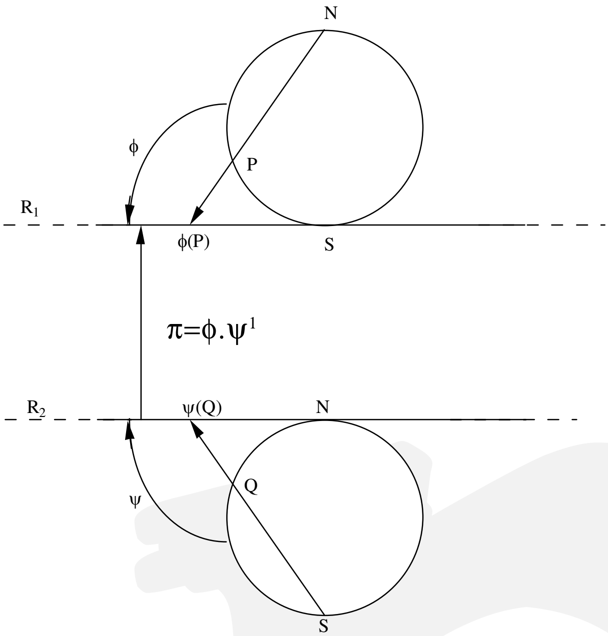

Figura 1: La representación mediante coordenadas de una esfera n-dimensional en un espacio (n+1)-dimensional.

[1] La prueba real de que $\phi \circ \psi^{-1}$ y $\psi \circ \phi^{-1}$ son infinitamente diferenciables va más o menos del siguiente modo. Primero, inscribimos los mapas estereográficos en el espacio de mayores dimensiones, de modo que se les pueda asignar un sistema normal de coordenadas cartesianas. Entonces podemos probar que ϕ, ψ y sus inversas como funciones en tales coordenadas cartesianas son funciones infinitamente diferenciables. Para un ejemplo de tales pruebas, ver Isham, (1989: 3-4).

3. ORGANIZANDO EL MARCO DE REFERENCIA

Para organizar adecuadamente el marco de referencia primero tenemos que examinar la analogía entre la representación de una variedad (*manifold*) mediante coordenadas y la representación epistémica del mundo. ¿Qué puede decir, por analogía, la representación mediante coordenadas del espacio acerca de la unidad de la ciencia? Obviamente, hay un sentido en el cual la construcción de teorías científicas para describir el mundo fenoménico es como la construcción de gráficas para hacer una representación mediante coordenadas de una variedad (*manifold*); pero uno tiene que ser cuidadoso. Es importante notar que el mundo –que viene a ser la contraparte de una variedad (*manifold*) en esta analogía– no se debe considerar como el mundo físico que no contiene sino la materia fundamental en el espacio-tiempo, porque eso sería presuponer la verdad del reduccionismo, y por tanto, de la unificación. En contraste, lo debemos ver como la totalidad de todos los fenómenos físicamente posibles o de los estados de cosas. De este modo, diferentes subconjuntos abiertos en una variedad (*manifold*) son análogos a diferentes fenómenos o diferentes clases de estados de cosas; y, por ejemplo, los fenómenos mecánicos deben ser considerados, al menos desde el comienzo, como un área distinta de los termodinámicos. Y el solapamiento de los subconjuntos vacíos en una variedad (*manifold*) se debe considerar como correspondiente al solapamiento de áreas de fenómenos: fenómenos mecánicos se solapan con los biológicos o los sociales, en el sentido en que los sistemas biológicos, como también los sistemas sociales, exhiben propiedades mecánicas (o también son sistemas mecánicos).

Las gráficas de subconjuntos abiertos en una variedad (*manifold*) son entonces comparables con teorías de diferentes fenómenos, y cuando los fenómenos se traslapan, distintas teorías dan descripciones alternativas de los mismos estados de cosas, al igual que distintas gráficas dan coordenadas alternativas de la misma región en la variedad (*manifold*). Por 'traslape de los fenómenos' no quiero decir nada distinto a que la unión de dos conjuntos de ellos no es vacía. Por ejemplo, supongamos que ocurren fenómenos biológicos en sistemas que pertenecen a B y fenómenos económicos en sistemas que pertenecen a E, donde B y E son respectivamente todos y los únicos sistemas que muestran fenómenos biológicos y económicos; B se traslapa con E pero no lo contiene o viceversa. Los dos tipos de

fenómeno se traslapan -como lo definí arriba– al menos en las sociedades humanas.
Si ‘geómetras’ son quienes estudian las propiedades geométricas de los objetos reales (presumiblemente de un tamaño mayor al suyo, como la tierra y nuestra galaxia), entonces los científicos serían los geómetras de cualquier ‘objeto’ fenoménico que se les asigne estudiar. Al igual que los geómetras, necesitan representar mediante coordenadas las regiones del objeto en cuestión antes de formular hipótesis sobre las diversas propiedades de esas regiones. La representación coordenada real puede involucrar todo tipo de actividades, pero todos ellos tienen que encontrar representaciones mediante coordenadas. A medida que su estudio se expande a otras regiones, puede que tengan que revisar su gráfica. *Epistémicamente*, no parece que haya buenas razones para dudar de que si el objeto en cuestión es comprehensible de algún modo, habrá una gráfica singular sobre la que se pueden formular y evaluar las hipótesis científicas. Pero aún si se da la analogía, esto está lejos de establecer el caso. El objeto fenoménico, o el mundo, pueden ser de tal modo que no sea posible ninguna teoría singular, y de ahí que no sea posible una teoría unificada. Para decirlo en términos muy generales con un ejemplo: es totalmente posible que la mayor parte de la psicología sea reductible a la física; y se puede emplear la física para ir más lejos en las regiones que la psicología también cubre, pero hay regiones en la psicología que la física no puede alcanzar, simplemente porque la representación que emplea la física se torna ‘singular’ o patológica en esas regiones.

Aquí hay algunos corolarios y precauciones.

I. Es obvio que si se da la analogía, el que la ciencia sea o no unificable no depende de los científicos ni de los filósofos. Está determinado *por el mundo y por los límites de las capacidades de construcción de teorías*. Sin embargo, esto no significa que uno tenga que ser realista para ver la problemática de este modo. El ‘mundo’ acerca del cual consideramos una teoría unificada podría ser un mundo de ‘experiencias’ o ‘datos de los sentidos’, si así se quiere, y la cuestión de la unificación todavía se puede determinar mediante las propiedades de semejante mundo y la limitación de nuestros recursos para construir teorías. En consecuencia, ni los empiristas, ni los instrumentalistas, pueden ignorar la intuición anterior, puesto que en tanto se empleen las teorías como instrumentos para hacer predicciones que tengan que responder a los fenómenos, el que se puedan unificar debe todavía ser un asunto del mundo de los fenómenos y de las posibilidades de los instrumentos. Para poder escapar a esta conclusión, uno tendría que ser un convencionalista o un construccionista social.

II. ¿Qué ocurre si se prueba que el objeto geométrico es representable mediante coordenadas en una gráfica global? De ningún modo se sigue que la gráfica global siempre se deba usar en el estudio algebraico del objeto, y ni siquiera se sigue que siempre se pueda hallar una gráfica semejante. La función de proyección puede ser tan compleja que no sea descubrible ni útil. De manera análoga, esto es verdadero para la ciencia. Por ejemplo, supongamos que se establece el fisicalismo mediante algunos argumentos metafísicos y que, por lo tanto, es posible que la ciencia extendida de la física pueda tener una teoría singular que dé cuenta de y explique, caso por caso, todos los estados de cosas que comprenden el mundo fenoménico. ¿Deberían todos los científicos abandonar lo que estén haciendo y comenzar la búsqueda y culminación de semejante teoría unificada? ¿Sería útil semejante teoría, o necesariamente superior a la abigarrada variedad actual de las ciencias especiales?

III. La diferencia en el caso geométrico entre una gráfica y un atlas puede despejar algo de la confusión en el debate sobre unificación. Un espacio no-topológico puede no ser cubrible por ningún conjunto de gráficas compatibles (y de ahí ni siquiera por un atlas). Más aun, otra posibilidad es que esté cubierto por gráficas que no son compatibles de ningún modo unas con otras, pero es sólo una posibilidad, ya que se halla en los límites de un abuso del predicado, 'estar cubierto'. Emplear gráficas para cubrir un espacio es permitirnos estudiar cada punto del espacio y su vecindario apelando a medios algebraicos; pero si hay puntos que son representados por dos gráficas incompatibles, semejante estudio de ellas sería imposible. Y por último, la diferencia entre estar cubierto por un atlas y estar cubierto por una gráfica singular está definida de manera precisa en geometría. La última ocurre cuando una función de proyección singular es suficiente para representar mediante coordenadas todo el espacio, mientras que para la primera se requiere más de una función, donde las transformaciones entre las funciones tienen que ser suaves, i.e. son compatibles. La analogía con el caso de la ciencia nos debe conducir a tres escenarios: a un estado de la ciencia en el que:

(a) una teoría lo explica todo,

(b) teorías *compatibles* diferentes explican dominios diferentes de los fenómenos,
(c) teorías diferentes –*que no son todas compatibles*– explican dominios diferentes de los fenómenos.

Si se sostiene la analogía geométrica, la controversia entre la unidad y la desunidad de la ciencia debería ser similar a una elección entre (a) y (b), al tiempo que se rechaza (c).

IV. En la Figura 1, las dos gráficas, ϕ y ψ, son casi globales, sólo se deja por fuera un punto en cada una, N o S respectivamente. Esto es más bien típico en la geometría. La moraleja de esto es que incluso si se sabe que una variedad (*manifold*) no puede ser cubierta por una gráfica global, no se sigue que tengamos que renunciar a la construcción y el uso de una gráfica singular para la mayor parte de lo que necesitamos hacer. Si el 'mundo' es (se sabe metafísicamente que es) no-unificable, todavía podemos tener la libertad de (i) adoptar una de las teorías e ignorar los pocos fenómenos que no pueda explicar o (ii) insistir en el uso de dos o más teorías para un 'cubrimiento' completo.

Sin embargo, resta una diferencia crucial entre la opción (i) y la opción **III** (a) (arriba): una búsqueda de una teoría 'casi' o 'aproximadamente' unificada mientras la genuina es imposible, sólo puede justificarse sobre bases puramente pragmáticas. Si semejante teoría no es simple ni útil, no tenemos razón para convertirla en una meta de la ciencia. Mientras la posibilidad metafísica de una teoría unificada es en sí misma la justificación de la unidad, la carga de la justificación está entonces sobre la espalda de los anti-unificacionistas. A menos que se pueda mostrar que es prácticamente imposible alcanzar esa teoría unificada, los unificacionistas no tienen que responder a ningún otro argumento.

V. Pueden existir gráficas globales múltiples cuando una variedad (*manifold*) sea cubrible mediante una gráfica global, y de manera similar, si la ciencia es unificable, no se sigue que haya sólo una teoría que la unifica.

Se puede pensar que el hecho de si la ciencia es unificable depende en un sentido *trivial* de cómo pueda ser el mundo. No creo que éste sea un asunto trivial. Para ver por qué, comparemos la unidad (o desunidad) de la ciencia con el concepto de verdad. De ningún modo es trivial comprender que 's,' una oración, es verdadera si y sólo si s –el que 's' sea verdadera depende de cómo es el mundo–. Y hay dos puntos más a favor de la unidad de la ciencia. Primero, no se puede decir simplemente, en analogía con la verdad, que la ciencia es unificable si y sólo si se da un mundo o realidad unificados porque no es claro ni siquiera que tenga sentido decir en un metalenguaje que un mundo es o no es unificado. Segundo, la unidad de la ciencia no tiene que ver con el contenido de las teorías científicas sino con el poder del método y el lenguaje científicos. Si se da alguna analogía, no es con la verdad sino con la completitud de un sistema lógico. Uno puede imaginar (*à la* Gödel) que si la ciencia en realidad no es unificable, lo sea en un sentido similar a aquel en el que un sistema lógico es incompleto.

Para concluir, ¿todavía parecería trivial –el si la ciencia es unificable o no depende en última instancia de cómo pueda ser el mundo– si fuera cierto que todas las variedades (*manifold*) fuesen cubribles por una gráfica global?

4. LA UNIDAD VS. LA DESUNIDAD

Lo anterior parece inaplicable a la noción de unificación de Carnap o a la de los positivistas lógicos (Carnap 1934, 1938; ver también Neurath 1946) en razón de su postura anti-metafísica (¿tendría sentido para ellos algo similar a [U1]?). De hecho no es así. ¿No es el lenguaje-objeto de Carnap similar a una gráfica global? Con un conjunto de términos más o menos homogéneos y unas cuantas reglas más bien simples de aplicar, el lenguaje-objeto, si es capaz de reducir todos los otros términos en la ciencia, puede en principio 'cubrir' descriptivamente todo el mundo fenomenal. El lenguaje-objeto de Carnap se puede considerar como la contrapartida exacta de una gráfica global. Para Carnap y los positivistas lógicos, la 'variedad' (*manifold*) –el objeto de la ciencia– no es el mundo o los fenómenos sino el conjunto de todas las experiencias posibles, que ellos sostienen son 'cubribles' mediante un lenguaje-objeto singular. Para un positivista carnapiano, el que el lenguaje-objeto pueda o no unificar la ciencia depende casi completamente de la naturaleza y estructura de nuestra experiencia, acerca de la cual nada inferior a una investigación metafísica completamente desarrollada nos puede ayudar a descubrir. ¿No es la caída de la visión carnapiana el resultado de comprender cuán poco corresponde la supuesta 'gráfica global' a la complejidad del mundo fenomenal?

Mi anterior esquema de unificación, [U1] - [U3], obviamente está modelado sobre el de Oppenheim & Putnam 1958 (ver también Margenau 1941); y el de Causey (1977) constituye una mejora del de Oppenheim & Putnam, en tanto ofrece un esquema elaborado de *micro-reducción*. Estipula una estructura lógica para las teorías científicas, a saber, que se componen de leyes fundamentales, leyes derivativas, y relaciones de identidad (aparte de los términos lógicos), donde el último ítem es en mayor parte responsable de las relaciones micro-reductivas; y debido a esta estructura, es capaz de ofrecer un conjunto de condiciones explícitas que una teoría unificada tiene que satisfacer (Causey, 1977: 114-121). Friedman 1974, amplió esto más presentando un alegato al menos a favor de *unificaciones locales* por medio del argumento de que la comprensión científica de los fenómenos se obtiene fundamentalmente sólo a través de la unificación reductiva. Lo que Causey y Friedman necesitan hacer es ofrecer una representación metafísica del 'mundo' de tal modo que sea obvio que la 'función de proyección' que ofrecen es capaz de producir una gráfica global.

Oppenheim y Putnam descalificaron una versión trivial de la unificación –la ciencia como una conjunción singular de todas las teorías– y evitaron ocuparse del problema de una disciplina fundamental unificada (Oppenheim & Putnam 1958, 4). Nuestro marco de referencia muestra dónde se debe ubicar exactamente su posición, en vista de estas dos jugadas:

1. Si la conjunción singular de todas las teorías da razón de todo y es verdadera, las teorías son mutuamente consistentes, especialmente para los fenómenos que se traslapan. Al descartar esta posibilidad, Oppenheim y Putnam rechazan las opciones **III** (b) y (c) de la sección **3**. De ahí que estén comprometidos con **III** (a) que se parece a la exigencia de una gráfica global. Una reducción exitosa de dos teorías que cubra dos conjuntos traslapados de fenómenos, ya sea en la forma de una que reduce a la otra o de que las dos se reduzcan a una tercera, es muy similar a la unión de dos gráficas de dos subconjuntos abiertos y traslapados de una variedad (*manifold*). Y la descomposición de una reducción es por lo tanto también similar a la descomposición de una gráfica singular en la Figura 1: siempre que ni la extensión de la gráfica estereográfica de N pueda cubrir el punto N (o S *mutatis mutandis*) ni una tercera gráfica pueda cubrir tanto a S como a N, sabemos que se requiere un atlas.

He aquí un caso simple de la descomposición *aparente* de una reducción de esta clase en ciencia (para más detalles ver Liu 1999). Se consideró que la Termodinámica se reducía exitosamente a la mecánica estadística en tanto todos los fenómenos termodinámicos en equilibrio eran explicados mediante la teoría de la mecánica estadística, vía un esquema reductivo general que también refleja las estructuras composicionales de los termo-sistemas. No obstante, luego se comprendió que ciertos fenómenos, tales como las transiciones de fase (e.g. de líquido a gaseoso en la ebullición) y fenómenos críticos (e.g. la opalescencia), no podían ser explicados por la mecánica estadística de sistemas finitos. Eventualmente, se comprendió que los sistemas finitos en los que ocurren tales fenómenos tenían que ser modelados como *sistemas infinitos* antes de que se conectara este 'hueco' en el esquema reductivo. Cuando uno expande al infinito el tamaño y número de las partículas del sistema que experimenta una fase transicional, la mecánica estadística explica rigurosamente los resultados termodinámicos. De otro modo, un teorema simple de 'no-va' prueba la imposibilidad de tal reducción. La similitud con la Figura 1 es obvia. La gráfica estereográfica de N, ϕ, es capaz de cubrir toda la esfera excepto por el punto N. Se puede recomendar que extendamos R^n para incluir el 'punto de infinitud' de modo que se pueda proyectar N a ese punto.

Este caso también presenta una dificultad aguda para los realistas (del tipo O-P). Siempre que sólo podamos tener un esquema reductivo con una idealización (como en el anterior), ¿qué debemos creer sobre nuestro mundo? ¿Son las propiedades de las fases de transición y de los fenómenos críticos, tal como las describe la termodinámica, propiedades genuinas o simplemente fantasías matemáticas? O bien la reducción fracasa –y por lo tanto la unidad de la ciencia– si se trata de entidades matemáticas superfluas o se sostiene, y entonces nos vemos obligados a admitir que algunos sistemas ordinarios, como una tetera de agua hirviendo, son sistemas de dimensión física infinita.

2. Archivar la cuestión de si la física es ella misma unificada no es de hecho tan inocuo como parece. Se puede pensar que si todo lo demás en el mundo está hecho de partículas y cada segunda teoría es reducible a algunas o a todas las teorías que explican su conducta, la ciencia se unifica de manera adecuada incluso si esas teorías de las partículas no. Sin embargo, tal imagen de la física es demasiado simplista, y no le hace justicia a lo que la física hace o podría hacer. La física no es simplemente una ciencia de las partículas y los campos elementales; también es una ciencia de los objetos ordinarios, tales como las plantas y las personas, y de enormes colecciones de estos. Si tenemos una teoría unificada de la física, entonces podemos tener una idea clara –e.g. un conjunto de criterios– sobre qué propiedades de tales objetos pertenecen a la física y cuáles a otras ciencias especiales, tales como la biología y la psicología. Pero si no –lo que significa que todas las clases de fenómenos que no están actualmente incluidos en la física eventualmente se pueden incluir– entonces la ciencia se puede unificar de una manera muy trivial: desarrolle todas las reducciones a la física que se puedan hacer entre teorías sobre distintos tipos de fenómenos, y luego tome lo restante –que incluye las teorías o partes de teorías que no son reducibles– también como una parte de la física. Y es por ésto que el impulso por hallar una teoría unificada en la comunidad de la física no es un esfuerzo superfluo (y por lo que [U2] se puede tomar como dada).

Hay una profunda cuestión acerca de si la física –la supuesta unificadora– es ella misma unificada (cf. Scheibe, 1997/9). Hay una marcada diferencia en la física entre la unificación de dos teorías mientras las sustancias de esas teorías permanecen 'dispares' (cf. Morrison, 1994) y la unificación de las teorías y las sustancias en una. La unificación de la interacción eléctrica y débil es un ejemplo de la primera y la del campo eléctrico y magnético lo es de la segunda. Algunos arguyen que ambas constituyen unificación mientras otros dicen que sólo la segunda califica. Nuestro marco de referencia no parece tener nada para decir acerca de esta disputa.

La noción de unificación no volvió a ser la misma desde Fodor (1974): la realizabilidad múltiple puede arruinar la reducción mientras que mantiene intacta la superviniencia; la identidad instancia-a-instancia no implica la identidad tipo-a-tipo, ni la unidad metafísica del mundo implica la unidad de la ciencia, etc. (cf. Batterman, 2000). Pero Fodor está sólo en contra de la unificación *reductiva*, no de la unificación *per se*. Su versión alternativa de la unidad de la ciencia (cf. Fodor, 1974: 97ss) –bien denominada 'Instancianismo' por Causey (1977, 142ss)– se puede ilustrar mediante un ejemplo real de la ciencia. En el caso de 'reducir' la termodinámica a la mecánica estadística que discutí arriba, no sólo es posible sino casi cierto que todos los termo-fenómenos en equilibrio –incluyendo las fases de transición y los fenómenos críticos– supervienen a configuraciones (o estados) de moléculas; lo último es explicado por la mecánica estadística de los sistemas finitos. Y, sin embargo, la termodinámica en tanto una teoría del nivel superior de los termo-fenómenos no es reducible a la mecánica estadística de los sistemas finitos por las razones mencionadas atrás.

La concepción de Fodor puede fallar si la teoría de lo físico no se unifica, o la superviniencia de todo lo demás a lo físico no implica una unidad, si la física no tiene unidad en el sentido de que no haya una teoría singular para todos los fenómenos físicos. El hecho de que todos los puntos que pertenecen a un objeto geométrico singular, i.e. todos los espacios topológicos estén conectados, y cada punto y su vecindario pueda ser proyectado mediante una sola gráfica a R^n, evidentemente no garantiza que todo el objeto se pueda proyectar a R^n mediante una gráfica global.

Los más recientes partidarios de la desunidad de la ciencia (Dupré y Cartwright *et al*.) son campeones del pluralismo metafísico. Dupré (1983, 1993, 1994) se queja de que muchos argumentos anti-reduccionistas previos no son efectivos porque sólo argumentan que la unificación epistémica o pragmática es imposible, y señala que si la realidad es metafísicamente desordenada o pluralista, esos argumentos se tornan superfluos. Por tanto, es seguro que Dupré acogería esta observación (directamente desde la analogía): si una variedad (*manifold*) no resulta cubrible mediante una gráfica global, cualquier otro argumento sobre el poder (o la falta de poder) de las funciones de proyección sería superfluo. Mucha gente, incluyendo aquellos cuyos trabajos he examinado hasta ahora, cree que en última instancia el problema de si la realidad puede ser capturada por una ciencia unificada es una cuestión empírica, pero Dupré piensa de otro modo. Ciertamente, el pluralismo metafísico (como un objeto incubrible mediante una gráfica global) no es una tesis que se pueda verificar o falsar mediante investigaciones empíricas. Hay buenas razones para pensar que si la cognoscibilidad del mundo es un asunto metafísico –cómo es posible el conocimiento de cualquier tipo– también es asunto de metafísica determinar si el mundo es conocible en última instancia a través de una teoría unificada.

También es relevante la diferencia entre un espacio no-cubrible y un espacio cubrible que no sea cubrible mediante una gráfica global. No siempre parece claro a favor de qué contrapartidas de estas alternativas arguye Dupré. Un mundo metafísicamente plural podría ser cualquiera de las dos, pero sus argumentos contra el Determinismo –que se mueven hacia una imagen del mundo como causalmente incompleto– parecen indicar que él se inclina hacia la primera –la analogía de un espacio no-cubrible–.

Para Cartwright (1994, 1999), cualquier cosa parecida a una gráfica global para una variedad (*manifold*) está por fuera del alcance de la ciencia. Ella apoya claramente el anti-reduccionismo y derechos iguales para las ciencias especiales, y sus argumentos se derivan en su mayoría de una profunda apreciación del rol central de los modelos en ciencia. A partir de la aparente imposibilidad de construir un modelo mecánico o con mayor precisión, composicional– para mil billetes que son soplados por una ráfaga de viento, ella concluye que las leyes mecánicas no se aplican a la situación; pero puesto que es posible construir un modelo hidrodinámico, se pueden aplicar las leyes de la hidrodinámica. Ella infiere de esto que la hidrodinámica no es reducible a la mecánica –con mayor precisión, no es micro-reducible a la mecánica de los constitutivos de los sistemas hidrodinámicos en cuestión–. (Nota: no hay nada metafísico en la cuestión de si el sistema de los billetes desparramados por el viento consta de mil billetes.) La misma jugada parece bloquear una unificación que proceda en la ruta de la instancia, ya que de acuerdo con Cartwright, si no hay modelos, entonces no hay leyes, y por lo tanto no hay explicaciones mediante leyes. Una cuestión más urgente es si a Cartwright, como a Dupré, tampoco le importa la analogía de un atlas para la ciencia. Algunas veces, su imagen de la Naturaleza –"[quien] tiene una imaginación tolerante, rica, y diversa" (1994, 361)– parece indicar que la Naturaleza se parece más a un espacio que no es cubrible mediante un atlas.

Sin embargo, Cartwright dispone de una movida, especialmente en su discusión de la relación entre la mecánica clásica y cuántica, que parece despojar nuestro marco de referencia de su relevancia. Siempre que parezca haber una inconsistencia al asignar un estado cuántico y uno clásico al mismo estado físico de un sistema, dado que estemos totalmente justificados para hacerlo, podemos negar que son acerca del mismo estado, y la contradicción desaparece. “Hay estados cuánticos y clásicos y el mismo sistema puede tener ambos sin contradicción” (Cartwright, 1994: 362). No hay un análogo para esto en nuestro caso de la representación del espacio mediante coordenadas: si hay dos subconjuntos abiertos en un espacio, cuyas gráficas no son compatibles en las regiones que se traslapan, no podemos apelar a ninguna diferencia relevante de los dos subconjuntos para hacer compatibles las gráficas otra vez. Tiene que haber casos más difíciles en los cuales hacer una jugada como esta pueda causar dificultades. Por ejemplo, ¿qué pasa si de acuerdo con una descripción clásica ‘verdadera’ la edad del universo es A, y de acuerdo con una descripción cuántica ‘verdadera’ es B, y A = B? El carácter positivo o negativo de la respuesta determina si Cartwright se suscribe o no al análogo de un atlas en ciencia.

Referencias

BATTERMAN, R. (2000) “Multiple Realizability and Universality”. *British Journal for the Philosophy of Science.* 51: 115-145.

CARNAP, R. (1934/1995) *The Unity of Science*. Bristol, Thoemmes Press (reprinted 1995).

CARTWRIGHT, N. (1994) “The Metaphysics of the Disunified World”. PSA 94, Vol. 2, New Orleans, PSA, pp. 357-364.

----------(1999). *The Dappled World: A Study of the Boundaries of Science.* Cambridge, Cambridge University Press.

CAUSEY, R. L. (1977) *Unity of Science.* Dordrecht, Reidel.

DUPRÉ, J. (1983) “The Disunity of Science”. *Mind* 92: 321-346.

---------- (1993) *The Disorder of Things: Metaphysical Foundations of the Disunity of Science.* Cambridge, MA, Harvard University Press.

---------- (1994) “Against Scientific Imperialism”. PSA 94, Vol. 2, New Orleans, PSA, pp. 374-381.

FODOR, J. (1974) "Special Sciences (Or: the Disunity of Science as a Working Hypothesis)". *Synthese* 28: 97-115.
FRIEDMAN, M. (1974) "Explanation and Scientific Understanding". *The Journal of Philosophy* LXXI: 5-19.
ISHAM, C. J. (1989) *Modern Differential Geometry: For Physicists.* Singapore, World Scientific.

LIU, C. (1999) "Explaining the Emergence of Cooperative Phenomena". *Philosophy of Science* 66(S): 92-106

MARGENAU, H. A. (1941) "Foundations of the Unity of Science". Philosophical Review 50: 431-438.

MORRISON, M. (1994) "Unified Theories and Disparate Things". PSA 94, Vol. 2, New Orleans, PSA, pp. 365-373.

OPPENHEIM, P. and H. PUTNAM, (1958) "The Unity of Science as a Working Hypothesis". *Minnesota Studies in the Philosophy of Science.* Vol. 2. Eds. H. Feigl et al. Minneapolis, University of Minnesota Press.

SCHEIBE, E. (1997 & 1999) *Die Reduktion physikalischer Theorien: Ein Beitrag zur Einheit der Physik.* Teilen I & II. Berlin, Springer-Verlag.