LA REPRESENTACIÓN CONCEPTUAL DE LOS HECHOS *

Mario Bunge

De acuerdo con una semántica y una epistemología realistas, las teorías científicas representan a sus referentes. Las teorías constituyen *representaciones conceptuales de fragmentos, existentes o hipotéticos, de la realidad* —o mejor, de algunos de sus rasgos. Lo mismo vale decir de algunos de los predicados (e.g. funciones) y de algunas de las fórmulas (e.g. ecuaciones) de una teoría científica. Solamente de algunos: no todos los elementos mencionados representan. Así, mientras una función de distancia, tal vez representa el espacio que existe entre cosas, no todas de entre el conjunto infinito de funciones de una determinada función de distancia representarán alguna cosa. Del mismo modo, no todo renglón en una dedución de una teoría científica representa algún aspecto de una cierta cosa: algunos enunciados son puramente matemáticos. ¿Qué es lo que convierte en representacionales a algunos constructos y no a otros? Tal es, dicho brevemente, el problema del presente ensayo.

1. Representación conceptual

Existe una analogía entre las teorías científicas y un dibujo, cuadro, o fotografía. En ambos casos, el objeto repre-

* El presente ensayo se basa en el capítulo 3 de *Sense and Reference* (Dordrecht and Boston: Reidel, 1974), que constituye el primero de los siete volúmenes que habrán de componer *Treatise on Philosophy,* del mismo autor, y que aparecerá publicado en la editorial Reidel. La versión castellana de esta obra será publicada en la editorial Tecnos de Madrid.

sentado suele ser un objeto real (no algo inventado) y la representación puede resultar más o menos fiel o verídica. Dicha analogía constituye la base de expresiones tales como 'las teorías científicas son una descripción (o copia) de sus referentes' y 'la ciencia es un reflejo (o espejo) de la realidad'. Sin embargo, estas frases no son más que metáforas, y por tanto es posible que no vayan al núcleo de la cuestión. En realidad, el tipo de representación difiere en uno y otro caso. Primero, porque, mientras una representación pictórica es ella misma un objeto físico, una representación conceptual es un ente de razón. Segundo, porque, mientras en el primer caso sólo pueden representarse las apariencias, y cualquier otra cosa no puede estar más que indicada o sugerida, las teorías científicas no se detienen en la corteza de la realidad: pretenden representar lo real, aquello que permanece más recóndito para los sentidos y es más ajeno a la experiencia ordinaria. Tercero, y consecuentemente, las representaciones científicas son simbólicas (no metafóricas) en lugar de pictóricas, aún cuando puedan contener algunos pocos ingredientes pictóricos. Cuarto, mientras un cuadro se interpreta (y con frecuencia se siente) de tantos modos cuantos son los sujetos de distinto talante que lo contemplan, se supone que una representación científica es objetiva. Quinto, mientras que el propósito del arte consiste en excitar o en apaciguar, en entretener o en instruir —siempre en influir sobre nuestras emociones— el propósito de una representación científica consiste en describir sus referentes de forma fidedigna. Cualesquiera que sean las emociones estéticas que una teoría científica pueda suscitar, tales emociones se derivan de la comprobación de sus virtudes o resultados lógicos y metodológicos.

A la vista de estas importantes diferencias entre las representaciones pictóricas y las representaciones conceptuales, parece aconsejable hablar de reconstrucciones conceptuales en lugar de imágenes de la realidad. Las reconstrucciones son construcciones, productos artificiales resultantes de un duro y a menudo ingenioso trabajo, no como las impresiones e imágenes —que pueden conseguirse gratuitamente. Las moscas tienen una imagen de la realidad, y también la tienen los científicos, pero estos últimos poseen además lo que ellos mismos crean, a saber, las representaciones conceptuales de objetos que no pueden captarse por los sentidos. Tales representaciones sólo son parciales y, a lo sumo, aproximadamente verdaderas, pero pueden compararse entre sí y ser corregidas o sustituidas por otras más verdaderas. Y más aún, a diferencia de las imágenes, están construidas con ladrillos matemáticos: una razón adicional para no llamarlas 'pinturas' o 'fotografías'.

Es importante darse cuenta de que no todo constructo representa. Para empezar, los conceptos lógicos no son representativos, aun cuando sean referenciales. Por ejemplo, según nuestra teoría de la referencia, la disyunción se refiere a proposiciones y sin embargo no representa nada. Los enunciados analíticos pueden referirse a cualquier cosa, pero no describen ni representan nada: la lógica no refleja la realidad sino más bien la estructura del conocimiento humano (cf. Bunge, 1974). Lo mismo sucede con los otros objetos formales: tampoco son representacionales. Por ejemplo, el número 8 no representaba nada. Ciertamente, 8 resulta ser el número de los planetas reales del sistema solar y por tanto parece como si representara una propiedad de una cosa concreta. Pero ello no es así: 8 no es la propiedad de ningún agregado, aunque pueda construirse como la clase de todos los octuplos. Esta es la razón por la que encaja en cualquier contexto, ya sea formal o factual. Con otras palabras, aunque el número de los planetas sea igual a 8, 8 no es idéntico al número de los planetas. (Es decir, la relación de igualdad implicada en "el número de los planetas es igual a 8" no es simétrica, y en consecuencia no puede ser una relación de identidad. Por tanto, en lugar de escribir "Card (conjunto de planetas) = 8", debiera adoptarse la convención del Algol y escribir "Card (conjunto de planetas): = 8". Del mismo modo, para indicar que asignamos a x el valor 8, o que establecemos que x sea igual (no idéntico) a 8, pero no *vice versa,* debiera escribirse "x : = 8", en lugar de "x = 8"). En cualquier caso, los constructos formales no tienen necesidad de, y con frecuencia no pueden, representar nada —excepto tal vez, otros constructos formales, como cuando se representa un punto de una variedad por n-tuplo de números, o cuando se representa una función por medio de una serie.

Un constructo neutro, por ejemplo un conjunto, puede representar alguna cosa concreta o un agregado de cosas. Así, puede hacerse que una parte de un continuo represente un cuerpo, y puede convenirse que un gráfico represente una institución. Pero tales constructos se mantienen sobre sus propias bases y son trasladables de un campo de investigación a otro. En consecuencia, no es posible descubrir por medio de su análisis qué representan, si es que representan alguna cosa. Sólo podemos descubrirlo examinando el papel que tales constructos desempeñan en las teorías científicas. Dichos papeles, a veces, están asignados de forma explícita, por ejemplo, mediante supuestos semánticos, como se verá en la Sec. 4. En cualquier caso, referencia y representación son independientes puesto que puede hacerse que constructos no-referenicales, tales como los conjuntos, representen algo mientras que constructos referenciales, tales como las tautologías, pueden no representar nada. Con otras palabras, no es el caso que todo lo que representa tenga referencia y *vice versa.* Lo cierto es que las teorías científicas tienen referencia y representan a la vez.

Además, no todo enunciado factual, i.e., un enunciado con referentes factuales, representa hechos. Piénsese en las proposiciones irreductiblemente negativas. Llamamos a un enunciado *irreductiblemente negativo* si no puede transformarse en un enunicado positivo equivalente, excepto mediante el truco de introducir predicados negativos o disyuntivos —ninguno de los cuales representa propiedades de cosas reales. Así, "La nieve no es azul" es irreductiblemente negativo, aunque pueda convertirse en "La nieve es no azul", que es gramaticalmente afirmativo pero semánticamente negativo, pues "no azul" no representa ningún color. Del mismo modo

"No existen fantasmas" puede transformarse en "Todo lo que existe es no fantasma", pero puesto que "no fantasma" no corresponde a ninguna propiedad que pueda concebirse como poseída por una cosa, el anunciado es irreductiblemente negativo. Los dos ejemplos aducidos ilustran una clase de enunciados con referencia factual y además verdaderos, pero que no alcanzan a representar hecho alguno. En general: si una proposición *p* representa un hecho *f*, entonces $\neg$p es exactamente la negación de *p*, no una proposición representativa de no-f (ver Kraft 1970). Con otras palabras, no hay hechos negativos: la negación es una operación puramente conceptual sin un correlato óntico. Hemos de oponernos al intento de salvar la concepción de que el lenguaje es un cuadro o descripción de la realidad, introduciendo la fición del hecho negativo (Russell 1918). El número de hechos no puede duplicarse emitiendo un decreto semántico. En conclusión: los enunciados irreductiblemente negativos no representan nada aunque sean verdaderos. Consecuentemente, no todo lo que posee referencia representa.

Por otra parte, todo enunciado positivo constituye una representación parcial de sus referentes. En particular, un enunciado positivo factual representa un hecho, o mejor dicho, cierta faceta de un hecho. De este modo, "*b* crece más aprisa que *c*" se refiere a *b* y a *c* y representa (verdadera o falsamente) el hecho de que *b* crece más aprisa que *c*. La negación de la misma proposición posee la misma clase de referencia, a saber $\{ b, c\}$, pero no representa le hecho 'negativo' de que *b* carece de un crecimiento más rápido que *c*: este último enunciado no es sino la negación del primero.

La distinción entre referencia y representación no constituye un tecnicismo filosófico fútil: posee relevancia para nuestra comprensión de controversias científicas actuales. Por ejemplo, los biólogos todavía están debatiendo sobre los auténticos referentes de la teoría sintética (neodarwinista) de la evolución. Hasta el momento no han aducido ningún argumento concluyente en favor de alguna de las tesis en disputa: si la teoría concierne a organismos individuales, a poblaciones o a especies. Sin embargo, una ojeada semántica a las fórmulas típicas de la teoría matemática de la evolución muestra lo siguiente. Primero, la teoría se refiere a poblaciones o agregados de miembros coexistentes e interactuantes de una clase (especie) dada. Por tanto, la mencionada teoría hace uso de los tres conceptos: individuo, especie, y población. Segundo, la teoría *representa rasgos* individuales y colectivos a la vez —entre otras cosas, los cambios ocasionales de clase (adaptación y extinción) que ocurren en una población. El fracaso en descubrir que no hay incompatibilidad alguna entre los tres conceptos, debido a que desempeñan papeles distintos y complementarios, puede achacarse no sólo a la anticuada dicotomía platonismo-nominalismo, sino también a la negligencia de la semántica, que nunca ha ayudado a la ciencia a resolver sus conflictos.

La diferencia entre referencia y representación se hace particularmente clara en las teorías avanzadas tales como las teorías físicas. Por ejemplo, una función de probabilidad se referirá a algún sistema o estado(s) del mismo, mientras que los valores de la función puede decirse que *representan* ciertas disposiciones del sistema —así como la función de la masa M se refiere a cuerpos, mientras que un valor particular $M(c)$ de M representará la masa del cuerpo c. En la mecánica cuántica, toda propiedad dinámica de un sistema, tal como su impulso lineal, se representa por algún operador en un espacio de Hilbert. Es decir, el operador representa una propiedad de su referente. En mecánica estadística, la función de partición de un sistema multicomponente se refiere a este último, pero no representa ninguna propiedad de dicho sistema. Dicha función cumple un papel mucho más importante: genera los representantes conceptuales de todas las propiedades termodinámicas del sistema físico. Y en la teoría electromagnética el valor $E(\varphi, x, t)$ de la función E para el vector considerado en el campo φ, en el lugar x y en el instante t, representa la intensidad del componente eléctrico del referente φ en x y t. Hay infinitos constructos en la teoría, tales como las potencias y derivadas de E, todos los cuales tienen el mismo referente pero no representan ningún rasgo de éste.

En resumen. Mientras en contextos factuales la relación de referencia conecta un constructo a una cosa como un todo, o a una colección de cosas, la relación de representación conecta un constructo con algún aspecto o propiedad de la cosa o colección de cosas. Del mismo modo que 'R cf' se lee '*c* se refiere a *f*', también podemos abreviar '*c representa a f*' con '$c \triangleq f$'. Si ocurre que *c* es un constructo cuantitativo, se puede leer '$c \triangleq f$' como '*c representa* la intensidad de *f*', donde *f* es una propiedad, no una cosa o un hecho. Por ejemplo, en neurobiología matemática, se supone que el elemento a_{mn} de una matriz determinada representa la intensidad de la acción (excitadora o inhibitoria) de la neurona *m* sobre la neurona *n*. La Tabla 1 muestra algunos ejemplos típicos de representación conceptual que guiarán nuestra investigación posterior.

TABLA 1. CONSTRUCTOS REPRESENTATIVOS Y NO REPRESENTATIVOS

	CONSTRUCTO	REPRESENTA	SE REFIERE A
CONCEPTOS NO REFERENCIALES	Conjunto abierto de R^n	Conjunto abierto de una variedad n - dimensional	———
	Región de una variedad 3 - dimensional	Cuerpo o campo de fuerza	———
CONCEPTOS REFERENCIALES	$Q(b)$	Carga de b	Cuerpo b
	$P(s)$	Probabilidad de s	Sistema en el estado s
	Variedad 6n dimensional	Estados dinámicos de un sistema de n componentes	Sistema con n componentes
	Función de partición	———	Sistema multicomponente
ENUNCIADOS	'El lago está helado'	Una helada del lago	El lago
	'El lago es frío al tacto'	Propiedad conjunta del lago y del sujeto	Lago y sujeto
	'No existen personas verdes'		Personas
TEORÍAS	Teoría del campo de Maxwell	Estructura y propagación de campos electromagnéticos	Campos electromagnéticos
	Teoría de la evolución	Emergencia, evolución y extinción de poblaciones pertenecientes a distintas especies	Poblaciones de organismos
	Teoría de la movilidad social	Cambios en ocupación, clase social, censos, o lugar de residencia	Grupos de personas

2. La relación de representación

1.1. *Una caracterización*

La relación $\triangleq$ de representación conceptual conecta ciertos constructos a ciertos objetos, ya sean éstos conceptuales o factuales. Limitaremos nuestro estudio al caso en que el objeto representado es factual, i.e al caso en que el objeto representado es una cosa o un agregado de cosas, una propiedad de ambos, o un cambio en una o más propiedades de un sistema —i.e. un evento. Los tipos principales de constructos representativos con sus respectivos objetos representados aparecen en la Tabla 2.

Tabla 2. QUÉ REPRESENTA A QUÉ

CONSTRUCTO REPRESENTANTE	OBJETO REPRESENTADO
Conjunto de enunciados (e.g. una teoría)	Sistema (individual o agregado)
Predicado o estructura (e.g. un conjunto con una relación sobre él)	Propiedad de un sistema, relación o conexión entre sistemas
Conjunto de enunciados singulares o existenciales	Hecho que involucra uno o más sistemas (estado, circunstancia, o evento)
Conjunto de enunciados universales (e.g., enunciados que sean leyes)	Modelo de la composición de un sistema, estructura, o cambio

Es neceasrio hacer algunos comentarios. Primero, no hemos incluido ninguna constante individual en nuestra lista porque tales constantes pueden denotar pero no representar. Así, el hombre Sócrates se denota por su nombre, pero sólo se representa por ciertas proposiciones acerca del mismo, así como por algunas descripciones determinadas. Y una cosa individual no especificada (un elemento arbitrario de un conjunto de cosas) se denota igualmente por una variable individual, pero no es representada por ella. Sólo un grupo de enunciados puede representar una cosa individual no especificada. Las cosas individuales, especificadas o no, se representan mejor por conjuntos de enunciados lógicamente organizados, i.e., por teorías (= sistemas hipotéticos deductivos).

Segundo, y es una consecuencia de lo anterior, los conjuntos desprovistos de estructura tampoco representan. Se puede estipular que 'E' denote la población de elefantes africanos, pero E es incapaz de representar nada. Sólo un conjunto estructurado, tal como un conjunto con ciertas funciones, o una familia de subconjuntos de un conjunto determinado, puede representar alguna cosa. Y los conjuntos estructurados son estructuras, tales com un semigrupo o un espacio topológico.

Tercero, hemos incluido los enunciados existenciales entre los constructos representativos. Podría objetarse que una proposición tal como "existen moscas" difícilmente representa un hecho. Sin embargo, dicha proposición representa una condición del mundo, aunque de una forma imprecisa. "Hay moscas en esta habitación", es un enunciado más preciso —aparte del valor de verdad que tenga. Puede imaginarse una secuencia completa de tales enunciados, cada uno de ellos más preciso que su predecesor. Dichos enunciados poseerán contenidos distintos, pero cada uno de ellos, incluso el primer enunciado de existencia no cualificado, puede considerarse como representativo. En suma, un enunciado existencial, si se refiere a ciertas cosas, constituye una representación parcial, aunque confusa, de ciertos hechos que implican a tales cosas.

Cuarto. Obsérvese que hemos distinguido entre un enunciado legal y lo que se supone que representa una tal proposición —un modelo o patrón objetivo. Es decir, distinguimos entre una ley y un enunciado legal. Tal distinción, subrayada por el físico y filósofo Ampère, y negada o silenciada por un considerable número de filósofos (en especial Hume, Kant, Peirce, Boutroux ,y sus respectivos seguidores), es necesaria para explicar el hecho de que cada patrón objetivo puede representarse en formas diferentes, como se verá en Secc. 2.2. También es necesaria para explicar tanto el proceso de construción de teorías como la historia de la ciencia —historia que puede considerarse como una serie de intentos por construir representaciones conceptuales, cada vez mejores, de patrones o leyes.

Resumiremos lo que antecede en la siguiente

DEFINICIÓN 1. La relación $\triangleq$ de *representación factual* es una relación de constructos con hechos (i.e. tal que $\mathcal{E}(\triangleq) \subset C \times F$), sometida a las siguientes condiciones:

(i) Las propiedades de las cosas reales (incluyendo sus interacciones con otras cosas) se representan por predicados (en particular funciones);

(ii) Las cosas reales se representan por conjuntos estructurados mediante relaciones, funicones, u operaciones;

(ii) Los hechos (e.g. eventos) se representan por conjuntos de enunciados singulares o existenciales;

(iv) Los patrones estables (recurrentes e invariables) de la constitución y conducta de las cosas reales, se representan por conjuntos de enunciados universales.

Aparte de esto, la relación $\triangleq$, como ha sido concebida aquí, no posee ninguna propiedad simple. En particular no es simétrica: los objetos representados no representan a su vez a sus constructos representativos. En consecuencia, $\triangleq$ no es reflexiva: los constructos no se representan a sí mismos. Y la cuestión de si $\triangleq$ es transitiva carece de importancia, puesto que los hechos no representan nada.

Cuando el constructo representante es una teoría (sistema hipotético deductivo), se consigue mayor precisión hablando de una función de representación en vez de relación. Proponemos

DEFINICIÓN 2. Sea T una teoría que versa sobre entidades de la clase K, y llamemos S(x) a la colección de estados posibles (i.e. el espacio de estados) de una cosa $x \in K$. Además, sea $S = \cup_{x \in k} S(x)$ la unión del os espacios de estados de todos los miembros de K (de modo que, un estado arbitrario de un elemento arbitrario de K se encuentre en S). Entonces, se dice que T es una *representación* de las entidades de K, si y sólo si existe una función $\triangleq : S \rightarrow T$ que asigne a todo estado $s \in S$ un enunciado $t \in T$. En tal caso, '$t = \triangleq (s)$' se lee 't representa s'.

Ahora bien, una representación puede ser pobre, clara o buena, dependiendo de cuán completa y verdadera sea dicha representación. El ideal está caracterizado en

DEFINICIÓN 3. Sea $\triangleq : S \rightarrow T$ una representación de cosas de una cierta clase. Entonces, se dice que $\triangleq$ es exacta si y sólo si (i) es biyectiva y (ii) $\triangleq (s)$ es verdadera para todo $s \in S$.

En realidad, no existen representaciones teóricas exactas de sistemas reales: toda teoría prescinde de algunos estados posibles, o incluye algunos estados imposibles, o sus fórmulas sólo son aproximadamente verdaderas. No obstante, se lee a menudo que la probabilidad constituye una representación isomórfica y verdadera de eventos azarosos. El argumento usualmente propuesto es como sigue. Considérense los resultados posibles de un experimento aleatorio tal como la tirada simultánea de dos monedas. Fórmese el conjunto E de todos los resultados posibles, tales como que salga al menos una cara, o que no salga ninguna cara en una tirada. Resulta fácil ver que E posee una estructura boleana. Fórmese ahora el conjunto T de enunciados que describen tales posibles eventos. Este conjunto, constituirá también un álgebra boleana. En consecuencia, existe una biyección $\triangleq$ que mapea E sobre T de tal forma que, si e_1 y e_2 se encuentran en E, $\triangleq (e_1) = t_1 \in T$, $\triangleq (e_2) = t_2 \in t$, $\triangleq (e_1 \cap e_2) = \triangleq (e_1) \,\&\, \triangleq (e_2)$, $\triangleq (e_1 \cup e_2) = \triangleq (e_1) \vee \triangleq (e_2)$, y por último $\triangleq (\bar{e}) = \neg \triangleq (\bar{e})$. La debilidad del argumento reside en que E no es un conjunto de hechos actuales sino de hechos posibles: los hechos actuales son "positivos" y "definidos" (simples o compuestos, pero nunca alternativos). Por tanto, no existe biyección alguna que mapee eventos azarosos actuales sobre una teoría. Lo cierto es que la teoría de la probabilidad forma parte de la base formal de cualquier teoría estocástica que proporciona una representación (nunca completamente exacta) de algún dominio factual.

Las relaciones entre $\widehat{=}$ y otras relaciones semánticas se encuentran resumidas en la fig. 1.

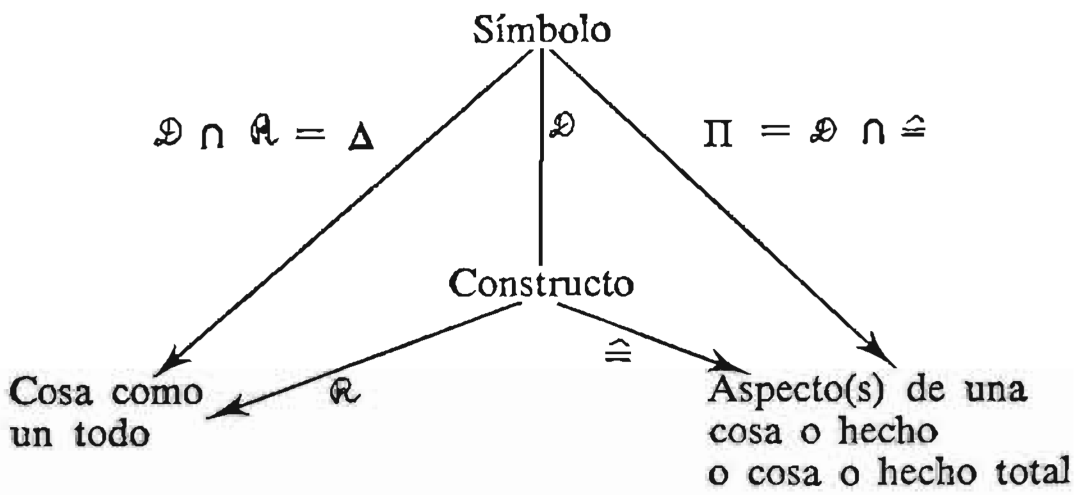


Fig. 1. Relaciones entre designación ($\mathfrak{D}$), referencia ($\mathfrak{R}$), denotación (Δ), representación ($\widehat{=}$), y delegación (Π)

La nueva relación que aparece en el diagrama, i.e. la descomposición $\sqcap$ de la designación $\mathfrak{D}$ y la representación $\widehat{=}$, puede interpretarse como relación de delegar o diputar. De este modo, cabe decir que, en ciertos contextos, el símbolo 'V' designa el (o mejor, un) concepto de velocidad, concepto que a su vez representa la velocidad. Pero también cabe decir que (en el mismo contexto) 'V' está en lugar de, o en delegación de, la velocidad.

Concluimos esta seción con la Tabla 3, que exhibe los items fundamentales de una de las teorías científicas más simples y más características. Muestra claramente que los supuestos de representación constituyen una parte integral de la teoría: sin ellos, la teoría se reduce a un formalismo matemático.

TABLA 3. TEORÍA DE LA CUERDA VIBRATORIA: SUS PRINCIPALES CONSTRUCTOS Y LO QUE ÉSTOS REPRESENTAN

CONSTRUCTO		STATUS
x	Proyección de un punto arbitrario de la cuerda sobre el eje Ox	Concepto básico
ℓ	Longitud de la proyección de la cuerda sobre el eje Ox	Concepto básico
t	Instante de tiempo arbitrario	Concepto básico
$u(x, t)$	Desplazamiento vertical del punto arbitrario de la cuerda en el tiempo t	Concepto básico
T	Tensión de la cuerda	Concepto básico
ρ	Densidad de masa de la cuerda	Concepto básico
$(T/\rho)^{1/2}$	Velocidad de desplazamiento de las ondas	Concepto definido
$1/2\ \rho\ (\delta u/\delta t)^2\ dx$	Energía cinética del elemento dx de la cuerda	Concepto definido
$1/2\ T\ (\delta u/\delta x)^2\ dx$	Energía potencial del elemento dx de la cuerda	Concepto definido
$E =_{df} 1/2 \int_0^{\ell} dx\ [\rho\ (\delta u/\delta t)^2 + T\ (\delta u/\delta x)^2]$	Energía total de la cuerda	Concepto definido
$\mathcal{L} =_{df} 1/2\ [\rho(\delta u/\delta 2)^2 - T\ (\delta u/\delta x)^2]$	Exceso de energía cinética sobre potencial	Concepto definido
$\int_{t_1}^{t_2} dt \int_0^{\ell} dx\ \mathcal{L} =$ máximo o mínimo	Patrón de todas las vibraciones de la cuerda como un todo sobre un intervalo de tiempo arbitrario $[t_1, t_2]$ (ley global)	Enunciado legal básico
$T\ (\delta^2 u/\delta x^2) - \rho\ (\delta^2 u/\delta t^2) = 0$	Patrón de todas las vibraciones de un punto arbitrario de la cuerda en un instante arbitrario (ley local)	Enunciado legal derivado
$u_1 = \varphi_1\ (x - Vt)$	Desplazamiento de onda por el eje Ox de izquierda a derecha con velocidad V	Esquema de enunciado legal derivado (φ_1 arbitraria)

$u_2 = \varphi_2 (x + Vt)$	Desplazamiento de onda por el eje Ox de derecha a izquierda con velocidad V	Esquema de enunciado legal derivada (φ_2 arbitraria)
E = constante	La energía total de la cuerda permanece constante en el curso del tiempo	Enunciado legal derivada
$u(x, 0) = f(x)$ (condiciones iniciales con f y g dadas)	Forma inicial de la cuerda	Hipótesis subsidiaria o dato
$(\delta u/\delta t)(x, 0) = gx$ (condiciones iniciales con f y g dadas)	Velocidad inicial de un punto arbitrario de la cuerda	Hipótesis subsidiaria o dato
$u(0, t) = u(l, t) = 0$ (condiciones límites)	Extremos de la cuerda fijos en todo tiempo	Hipótesis subsidiaria o dato

2.2. *La multiplicidad de las representaciones*

Las representaciones no son únicas: un único ítem factual puede representarse de formas alternativas. Algunas de tales atlernativas son equivalentes, otras no. Por ejemplo, una región de espacio físico S puede representarse como un subconjunto de una cierta variedad M, que a su vez puede mapearse sobre algún subconjunto de la colección de ternas R^3 de números reales. En consecuencia, el espacio físico puede representarse ya como una porción de M, ya como una porción de R^3: ver fig. 2. Estas dos representaciones

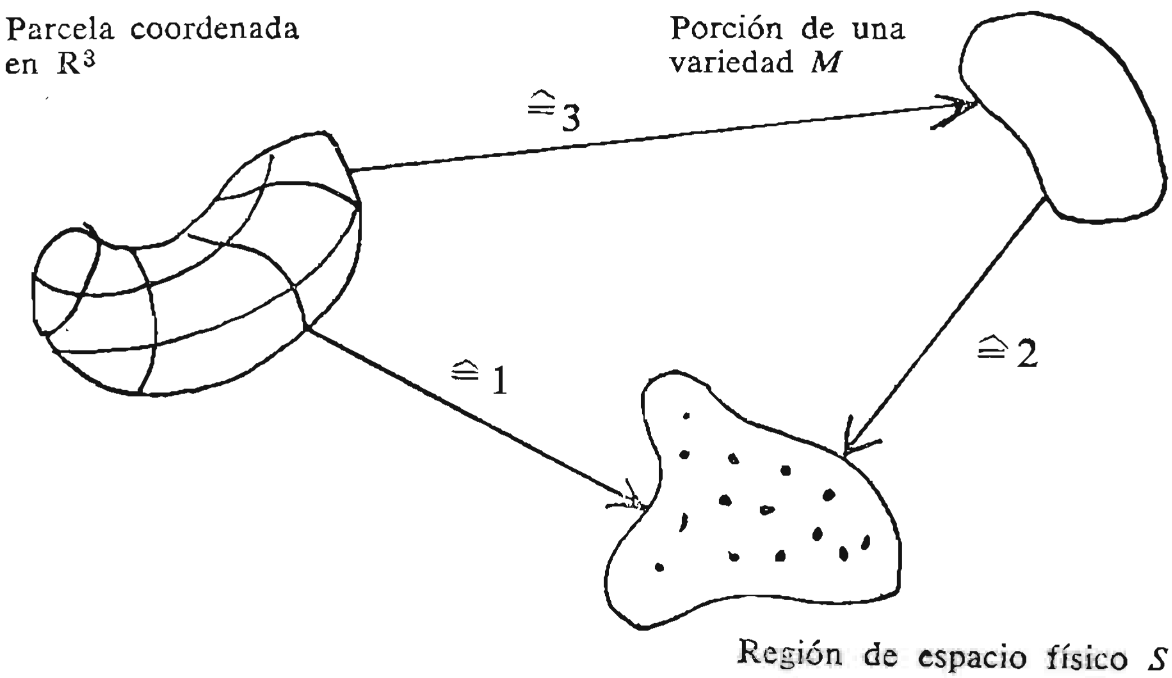


FIG. 2. La parcela coordenada constituye un constructo que representa a otro constructo, a saber, una región de una variedad. Y cada una de ellas constituye una representación *sui generis* de una región de espacio físico

son equivalentes. Pero a su vez, toda región del espacio numérico puede mapearse sobre alguna otra región del mismo espacio por medio de una transformación de coordenadas. Puesto que hay infinitas transformaciones posibles de coordenadas, hay unas infinitas representaciones de una región determinada de la variedad M, y por tanto infinitas representaciones numéricas de la región original de espacio físico. Estas últimas representaciones, i.e. las distintas piezas coordenadas que reflejan una y la misma región de M (o de S), son mutuamente equivaelntes. En consecuencia, la elección entre ellas es cuestión de conveniencia, no de verdad. (De lo dicho se desprende que, si el significado fuera dependiente de la verdad, como afirma la semántica convencional, las transformaciones de cordenadas deberían declararse carentes de significado).

Para comparar representaciones alternativas necesitamos, al menos, criterios definidos para decidir si cualesquiera de dos constructos representativos, representan el mismo item factual en diferentes, aunque equivalente, formas. La física abunda en tales criterios, que ofrecen un considerable interés epistemológico y metodológico.

Ejemplo 1. En mecánica clásica, dos soluciones cualesquiera de las ecuaciones del movimiento, concernientes al mismo sistema físico pero a marcos de referencia distintos, son representaciones equivalentes del mismo estado de movimiento del sistema, supuesto que puedan convertirse una en otra por medio de una transformación galileana.

Ejemplo 2. En la teoría relativista de la gravitación se postula que dos soluciones de la ecuación de campo concernientes al mismo campo y que pueden transformarse una en otrap or medio de una transformación de cordenadas continua, representan el mismo estado del campo.

Ejemplo 3. En la teoría del electrón con spin, todo componente de dicho spin se representa por un operador que, a su vez, es representable por matrices alternativas. Dos de tales matrices representan el mismo componente del spin supuesto que exista una transformación unitaria que transforme una en otra.

Cada uno de los precedentes criterios de representación equivalente ocupa un lugar definido en alguna teoría: parece ser que no hay criterio libre de teoría. En todo caso, las definiciones que ofrecemos aquí están ligadas a una teoría. La primera de ellas, se refiere a constructos alternativos de una teoría, la segunda se ocupa del código de traducción que relaciona representaciones equivalentes entre sí, y la tercera se refería a teorías equivalentes.

La primera de nuestras definiciones siguientes, se fundamenta en el concepto de enunciado legal básico. Se trata de un concpeto metacientífico, más que de un concepto semántico, pero no estamos obligados a ninguna defensa de una tal intromisión: ésta es inevitable si nuestra teoría semántica ha de ser relevante para la ciencia. En todo caso, el concepto en cuestión puede elucidarse en filosofía de al ciencia (Bunge, 1967a, Cap. 6). Una hipótesis se llama *enunciado legal* si y sólo si (i) es universal en algún aspecto (en lugar de estar restringido a un número finito de casos), (ii) es sistemático, i.e. es un miembro de algún sistema hipotético deductivo, y (iii) si ha sido corroborado en algún dominio por métodos científicos. Y una proposición de esta clase se llama un *enunciado legal básico* (o *fundamental*) de una teoría T si y sólo si no se deriva de ningún otro enunciado de T. Estamos ahora preparados para formular

DEFINICIÓN 4. Sean c y c' dos constructos representativos que pertenecen a una teoría factual T; c y c' son *representaciones equivalentes* del mismo item factual [estado, evento, o proceso] si y sólo si pueden sustituirse libremente una por otra (i.e., sustituirse *salva significatione* y *salva veritate*) en todos los enunciados legales básicos de T, i.e., si estos últimos permanecen invariantes después del cambio de c por c'.

Ejemplo 1. La elección de sistemas de coordenadas diferentes da origen a representaciones diferentes de cantidades físicas. Tales representaciones son equivalentes si satisfacen las mismas leyes de movimiento y las mismas leyes de campo.

Ejemplo 2. Sean P y Q dos operadores mecánicos cuánticos que representan variables dinámicas. Representarán la misma propiedad de un sistema físico supuesto que exista una transformación de semejanza S entre ellas, i.e. si y sólo si $Q = SPS^{-1}$. Prueba: las transformaciones de semejanza dejan invariantes las ecuaciones de operadores. Por ejemplo, $P^2 + P + I = 0$, donde I significa el operador de identidad, se convierte en $SPS^{-1}\ SPS^{-1} + SPS^{-1} + SIS^{-1} = 0$. Haciendo $SPS^{-1} = Q$, recuperamos el enunciado original en notación diferente, i.e., $Q^2 + Q + I = 0$.

Ejemplo 3. Sea $H = H_1 + H_2 + H_{12}$, la ecuación hamiltoniana de un sistema de dos componentes. Practíquese una transformación (unitaria) canónica de las Q y de las P que "elimine" las energías imperturbadas, i.e. que consiga que H se convierta en H_{12}. Las nuevas variables constituyen la llamada 'representación de interacción' del sistema.

La definición 4 ilustra un aspecto básico de la formación de conceptos en ciencia factual, a saber, la representación de propiedades de sistemas concretos. Entre tales representaciones se encuentran de modo especial las magnitudes físicas tales como fuerza, tensión, concentración y temperatura. Toda magnitud o cantidad es representable por, al menos, una función cuyos valores dependen no solo del sistema físico mismo, sino también, tal vez, de las unidades convencionales aceptadas. En otras palabras, las magnitudes y sus correspondientes unidades (una clase completa de ellas por magnitud) han de introducirse de una sola vez: el conjunto de posibles unidades para cualquier magnitud dada debiera aparecer en el dominio de la "definición" de una función. Por ejemplo, en electrostática elemental, la fuerza eléctrica F entre cualesquiera dos cargas puntuales es una cierta función $F : B \times B \times U_F \rightarrow R^3$, donde B es el conjunto de cuerpos, U_F el conjunto de unidades fuerza, y R^3 el conjunto de ternas ordenadas de números reales. Existe un conjunto infinito de unidades en U_F. Toda elección entre ellas resultará en un valor de la fuerza. De modo similar para toda otra magnitud, supuesto que esté provista de una dimensión.

Una forma de resolver este problema de un modo general consiste en adoptar, para toda cantidad escalar y todo componente de un vector o tensor, el siguiente supuesto (Bunge 1971):

Axioma. Sean $A, B, \ldots, N$, n clases de sistemas físicos que poseen (respectiva o conjuntamente) la propiedad P. Y R designe el sistema de números reales y $\wp(R)$ el conjunto potencia de R, i.e. la familia de todos los intervalos de números reales. Entonces, para toda propiedad P existe un conjunto no vacío U_M, llamado el conjunto de *unidades-M,* y existe al menos unaf unción

$$M : A \times B \times \ldots \times N \times U_M \rightarrow V, \text{ con } V \subseteq R \text{ ó } V \subseteq \wp(\mathrm{R}),$$

llamada una *magnitud,* tal que M representa P.

Aprimera vista, este supuesto es redundante porque, para todo dominio D, hay infinitas funciones "definidas" sobre D con valores en R o en $\wp(\mathrm{R})$. (Hay R^{D} de tales funciones en el primer caso y $(\wp(R))^{\mathrm{D}}$ en el segundo. Pero nuestro axioma sólo se refiere a la función representativa de tales funciones, y postula que, dada una propiedad de un sistema, conocida o desconocida, existe al menos una función que la *representará,* i.e. que satisfará los enunciados legales que caracterizan al sistema. Este postulado posee casi el carácter de una esperanza: podría existir una propiedad que no fuera representable de esta forma. Pero entonces no conoceríamos su existencia, pues nuestro conocimineto de las cosas y de sus propiedades consiste en las representaciones que de ellas tenemos. Además, el postulado no afirma que la representación de toda propiedad sea única: de modo bastante realista, el cuantificador existencial está indefinido. Diferentes teorías han de representar posiblemente una y la misma propiedad de modo diferente. No concierne a la semántica decidir cuál sea la mejor representación de una propiedad dada: ésta es una tarea de la ciencia. Lo que la filosofía puede hacer es explicitar y sistematizar los criterios que funcionan en la elección entre posibles representaciones de una propiedad dada. Uno de tales criterios (metodológicos) es el siguiente: dada una propiedad de un sistema complejo, la mejor representación de la misma será aquella que ocurra en los enunciados legales más verdaderos y más numerosos que se refieran al sistema en cuestión.

2.3. *Fórmulas de transformación y teorías equivalentes*

Volviendo a las representaciones equivalentes de un conjunto dado de items factuales, cabe preguntar cómo se relacionan dichas representaciones. La respuesta viene dada por

DEFINICIÓN 5. Un enunciado de una teoría T se llama *fórmula de transformación* de T si y sólo si el enunciado relaciona representaciones equivalentes de los mismos items factuales [de acuerdo con la definición 4].

Ejemplo 1. Las fórmulas de transformación de Lorentz relacionan las coordenadas espacio-temporales de uno y el mismo sistema físico con marcos de referencia equivalentes: son fórmulas de transformación de la física de la relatividad especial.

Ejemplo 2. Las transformaciones canónicas (o de contacto) realcionan distintas representaciones de las coordenadas generalizadas y momentos de un sistema. Puesto que estas transformaciones dejan invariables las ecuaciones básicas (canónicas), se encuentran entre las fórmulas de transformación de cualquier teoría canónica.

Son necesaria algunas observaciones. Primero, las fórmulas de transformación no son enunciados legales y tampoco datos, aun cuando se encuentran en toda teoría factual que contenga conceptos espacio-temporales. Dichas fórmulas relacionan solamente representaciones distintas. Esta observación, que resulta obvia a la luz de la discusión precedente, es mal comprendida con mucha frecuencia. Así, las fórmulas de transformación de Lorentz (y también las de Galileo) se interpretan a menudo como si representaran el inicio de un movimiento uniforme —que por cierto, correspondería a una aceleración y no a un movimiento relativo uniforme. Y en algún tiempo, la teoría cuántica de las transformaciones canónicas (unitarias) fue considerada como el núcleo genuino de la teoría física, siendo así que aquella teoría no posee contenido factual por sí misma, sino que constiutye tan sólo la colección de puentes entre representaciones distintas pero equivalentes.

Nos encontramos ahora en situación de elucidar la noción de representación teórica equivalente, que adquirió prominencia en el juicio de Galileo y ha ocupado desde entonces el centro de la controversia realismo versus instrumentalismo. (Una de las tesis del Cardenal Belarmino era que Galileo se equivocaba al sostener que el "sistema heliocéntrico del mundo" era verdadero de hecho, mientras que el sistema geocéntrico era falso: debería haber dicho en vez de ello que los dos sistemas eran equivalentes. El mismo punto de vista ha sido invocado recientemente por convencionalistas como Poincaré y por positivistas como Frank y Reichenbach. Sin embargo, la noción genuina de equivalencia de teorías nunca estuvo clara en estos debates.) Proponemos la siguiente elucidación

DEFINICIÓN 6. Sean T y T' dos teorías con los mismos referentes factuales. Llámese $\mathbb{P}$ e $\mathbb{P}'$ sus respectivas bases de predicados. Entonces, se dice que T y T' son *semánticamente equivalentes* (o que constituyen *representaciones equivalentes* de sus referentes) si y sólo si existe un conjunto de fórmulas de transformación para $\mathbb{P}$ e $\mathbb{P}'$ que ejecute la conversión de T en T' y *viceversa.*

Ejemplo 1. Las dinámicas langragiana y hamiltoniana son representaciones equivalentes de sistemas en general, aun cuando sus formalismos son diferentes. En realidad, hay un puente o fórmula de transformación entre las dos teorías, a saber $H = p\dot{q} - L$, *que deja invariable el contenido.*

Ejemplo 2. En cambio, los "sistemas del mundo" geocéntrico y heliocéntrico, no son semánticamente equivalentes, aunque sólo sea porque el primero no tiene ecuaciones de movimento (sino sólo ecuaciones de trayectorias). Sólo las trayectorias de los planetas, cuando se describen en coordenadas geocéntricas o heliocéntricas, son representaciones equivalentes. Puesto que tales trayectorias es todo lo que se puede observar, un empirista ha de concluir la equivalencia completa de las dos representaciones. Sin embargo, son realmente diferentes en cualquier otro aspecto: "factual" y "empírico" no son conceptos idénticos. Por ejemplo, la representación de Copérnico-Kepler-Newton del sistema solar se refiere no sólo a los cuerpos del sistema sino también al campo gravitacional que los conserva juntos, cosa que la representación ptolomeica no hacía (ver Bunge 1961).

Cerramos esta sección estableciendo algunos principios semejantes a las consideraciones anteriores, aunque pertenecen a la pragmática de la ciencia más que a su semántica. Cualquiera que pueda ser su ubicación adecuada, son los siguientes:

P1. Para cualquier item factual (cosa, propiedad de cosa, o evento), es posible formar al menos un constructo que lo represente.

P2. Dado cualquier constructo representativo, es posible formar al menos otro constructo que sea semánticamente equivalente al primero.

P3. Dado cualquier constructo representativo, es posible formar un constructo semánticamente más fuerte.

3. Modelación

3.1. *Del esquema a la teoría*

Un predicado simple, como "redondo" o "competitivo", puede representar un rasgo de un sistema complejo, nunca el sistema completo. Una representación adecuada de un sistema completo, aun cuando sea comparativamente simple, requiere un cúmulo de conceptos, mejor, una teoría completa, i.e., un cuerpo de enunciados lógicamente interconectados. Sin embargo, para los propósitos de la vida ordinaria al igual que para unos propósitos científicos restringidos, es suficiente, a menudo, una lista de las propiedades sobresalientes. Por ejemplo, "Morena, poco peso, 32-25-35, hermosa, graciosa" puede pasar por ser la representación de una muchacha

—realmente de una clase completa de muchachas. Más allá de esto, nuestras representaciones conceptuales de cosas reales o hipotéticos caen en todos los grados de complejidad y generalidad. Es conveniente distinguir los siguientes tipos de representación de un sistema, ordenados según grados de complejidad y generalidad creciente ((cf. Bunge 1973a y 1973b).

1. *Esquema* u *objeto modelo*: Lista de las propiedades sobresalientes de un objeto de una especie dada. *Ejemplo:* un *pion* neutro es una partícula con una masa de 135 MeV y una vida media de 10^{-16} segundos que se convierte principalmente en dos fotones gamma.

2. *Boceto* o *diagrama*: Grafo de los componentes de un objeto de una especie dada y sus funciones y relaciones. *Ejemplo:* diagrama de flujo de una fábrica.

3. *Modelo teórico* o *teoría específica:* Sistema de enunciados hipotético-deductivo que representa algunos de los hechos sobresalientes de una cosa de una especie dada. *Ejemplo:* Un modelo estocástico de aprendizaje.

4. *Entramado* o *teoría genérica:* Teoría que representa las características comunes a todas las cosas de un género dado. *Ejemplo:* La teoría de la evolución.

De forma más concisa: un esquema lista datos; un boceto muestra delineándolas, las relaciones entre los datos de un esquema; un esquema teórico aclara el boceto; y una teoría genérica es una teoría libre de especificaciones pero convertible en un modelo teórico (teoría específica) al añadirle un esquema u objeto modelo. Se supone que los cuatro constructos representan alguna cosa real pero que cada uno de ellos es incompleto al igual que, en el mejor de los casos, medianamente exacto (verdadero). Estos dos defectos de nuestras representaciones conceptuales del mundo no pueden ser solventados sino poco a poco y de dos modos. En primer lugar, multiplicando el número de nuestras representaciones conceptuales (e. g. modelos teóricos) del mismo objeto, teniendo cada una de ellas un enfoque de un aspecto diferente de tal objeto: esto es, cambiando el punto de vista. En segundo lugar, mejorando cada una de estas representaciones parciales. Realmente lo que sucede es lo siguiente: en algún momento dado tenemos lotes diferentes y más densos (condición: que la investigación sea continuada). Pero basta de metáforas. Se pueden caracterizar los distintos tipos de representación conceptual también como sigue:

ENTRAMADO (TEORÍA GENÉRICA) T_G

Referentes: Objetos g del género G.

Base primitiva: $\mathscr{B}(T_G) = \langle G,$ representantes de propiedades genéricas básicas de los $g\rangle$.

Base de Axioma: $\mathscr{A}(T_G)$ = Suposiciones básicas que "definen" $\mathscr{B}(T_G)$.

MODELO TEÓRICO (TEORÍA ESPECÍFICA) T_S

Referentes: Objetos s de la especie S.

Base primitiva: $\mathscr{B}(T_S) = \langle S,$ representantes de las propiedades básicas de los s's$\rangle$.

Base de axiomas: $\mathscr{A}(T_S)$ = suposiciones básicas que "definen" $\mathscr{B}(T_S)$.

BOCETO (DIAGRAMA) D_S

Referentes: Objetos s de la especie S.

Conceptos: $\mathscr{B}(T_S)$.

Hipótesis: El puro esqueleto de $\mathscr{A}(T_S)$.

ESQUEMA (OBJETO MODELO) M_S

$M_S = \mathscr{B}(T_S)$.

Las relaciones y diferencias entre los cuatro tipos de representación conceptual están ahora más claras. Pueden ser resumidas como sigue:

i) Mientras que un esquema es justamente un haz de conceptos, un boceto es una estructura semejante a un grafo orientado. Un boceto incluye un esquema.

(ii) No hay diferencia lógica entre un modelo teórico y una teoría genérica: ambos son sistemas hipotético-deductivos. La diferencia radica en sus clases de referencias respectivas, y se refleja en la mayor especifidad de las suposiciones básicas de un modelo teórico.

Brevemente, mientras $\mathcal{R}(T_G) = G$, $\mathcal{R}(T_S) = S \subset G$

(iii) $\mathcal{B}(T_S) = \mathcal{B}(T_G) \cup M_S$, i. e. $\mathcal{B}(T_G) = \bigcap_{S \subset G} \mathcal{B}(T_S)$

(iv) $\mathcal{A}(T_S) = \mathcal{A}(T_G) \cup H_S$, donde H_S es un conjunto de suposiciones que representan las características específicas de los miembros de S tal como se esbozan en el boceto o diagrama correspondiente.

(v) Ninguno es un cuadro de su referente: las representaciones conceptuales son todas simbólicas. Incluso los diagramas científicos son simbólicos y pueden ser reemplazados por conjuntos de enunciados. Ninguna teoría puede parecerse a sus referentes. Así, no hay analogía alguna entre un campo y las ecuaciones diferenciales que los representan. Incluso la representación pictórica del átomo de Bohr simboliza tan sólo una pequeña parte del modelo de Bohr: deja de lado las ecuaciones de movimiento, la condición de cuantización y las ecuaciones de salto resultantes.

La tabla 4 exhibe algunos ejemplos de los cuatro tipos de constructos que ya hemos caracterizado.

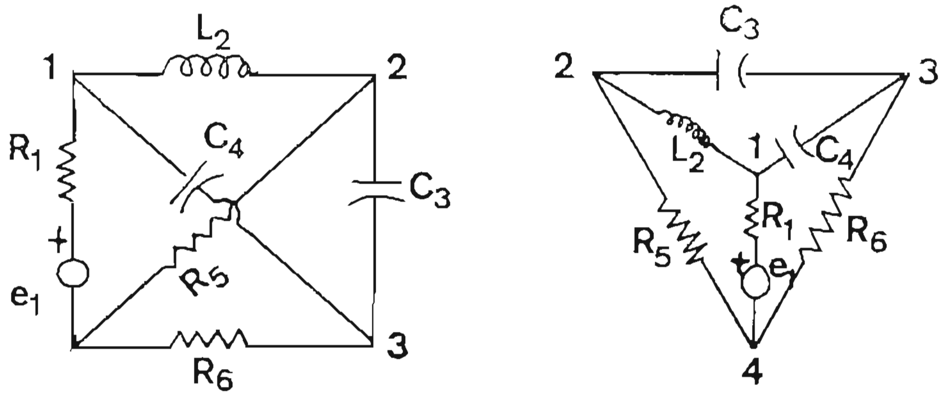
Tabla 4. ALGUNOS EJEMPLOS DE REPRESENTACIÓN CONCEPTUAL

OBJETO	ESQUEMA	BOCETO	MODELO TEÓRICO	TEORÍA GENÉRICA
Lanzamiento de una moneda.	Moneda ideal <cara y cruz>.	Secuencia desordenada de caras y cruces.	Teoría de secuencias Bernoullianas.	Teoría de la probabilidad.
Grupo jerárquicamente organizado.	Conjunto parcialmente ordenado.	Grafo de dominancia o matriz de dominancia.	Teoría de la dominancia.	—
Sistemas depredadores con 2 componentes, e. g., zorros y conejos.	Número instantáneo de zorros y conejos.	Número de zorros y conejos en sucesivas generaciones.	Teoría de la economía zorro-conejo.	Teoría del sistema depredador de Volterra-Lotka.
Corpúsculo sujeto a un resorte.	Masa, posición, velocidad, fuerza elástica.	Hamiltoniano del sistema.	Teoría del oscilador armónico.	Mecánica de partículas.
Deuteron.	Protón y neutrón.	Pozo de potencial	Mecánica cuántica del pozo de potencial	Mecánica cuántica.

3.2. *Problemas de modelación*

La representación conceptual de cosas hace surgir bastantes problemas interesantes, unos semánticos, otros metodológicos y algunos técnicos, i. e., problemas que pueden tratarse con la ayuda de una ciencia especial. Podemos mencionar solamente unos pocos problemas.

1. Dadas dos representaciones averiguar si son representaciones *equivalentes* del mismo sistema. Por ejemplo, averiguar si estos dos diagramas de malla son equivalentes. (Estos lo son: ver Seshu y Reed 1961, pp. 1-2.)



2. Dadas dos representaciones equivalentes averiguar si pertenecen al *mismo* sistema. Por ejemplo, sea $\triangle$ un diagrama de bloque de un organismo. Este boceto se construye con objetos (e. g., conjuntos) y aplicaciones (e. g., funciones), tomados de una cierta categoría A (e. g., la categoría de conjuntos o la categoría de espacios topológicos). Ahora consideremos otra categoría B y un funtor F de la categoría A a la categoría B. Llamemos $F(\triangle)$ a la imagen bajo el funtor F del diagrama de bloque original. Esta imagen es un diagrama de bloque alternativo del mismo sistema solamente en el caso en que F satisfaga condiciones bastantes restrictivas: si es exacto, regular y multiplicativo (Rosen, 1958).

3. Dado un sistema real decidir cuáles de sus rasgos reproduciremos y cuáles, por ir más allá de los datos disponibles, inventaremos. La decisión dependerá de la finalidad no menos que de la información utilizable y de los instrumentos conceptuales accesibles al teórico: no hay una solución única

a este problema porque no hay recetas para construir modelos teóricos.

4. Dado un sistema real decidir qué tipo de representación construir: (a) una caja negra (variables exógenas solamente), (b) una caja gris (tanto variables exógenas como estados internos), o (c) una caja translúcida (tanto variables exógenas como endógenas, representando las últimas características de las actuaciones internas del sistema). En este caso interviene un factor adicional —a saber, la filosofía del teórico. Así, mientras que el positivismo favorece la caja negra, el realismo realza las cajas translúcidas— y el espiritualismo no se decide por ninguna.

Finalmente listemos algunos problemas en la filosofía actual de la ciencia que involucran el concepto de representación.

1. ¿Es necesario, para que la representación concreta de algún objeto sea satisfactoria, i. e., para una simulación, que se parezca al objeto modelado? Indudablemente, pues de otra manera el simulado no sería tal: no podría tomar, posiblemente, el lugar del original en ningún aspecto. Sin embargo, el parecido se requiere solamente en los aspectos que deseemos imitar. Por ejemplo, un plano de una casa debe respetar las posiciones relativas de los componentes de la casa, y lo mismo debe hacer un modelo de bolas y palos de una molécula. Otros tipos de simulaciones de los mismos objetos tomarán distintas características, como la conducta o la salida bruta. Por ejemplo, un computador digital binario no necesita tener un parecido anatómico detallado con un cerebro, sino que su conducta esté en algún tipo de correspondencia con el funcionamiento de un cerebro ocupado en pensar algorítmicamente.

2. ¿Debe parecerse toda representación conceptual a sus referentes? No; no necesita compartir propiedades algunas (analogía sustancial) ni necesita ser una imagen isomórfica de la cosa representada (analogía formal). Por ejemplo, la teoría de la evolución no se parece a la evolución.

3. ¿Puede representar un modelo teórico cada trazo de cada uno de sus componentes? Desde luego que no. Un procedimiento básico del teorizar científico, en contraste con el describir, es el descartar detalles e idiosincrasias, e. g., el tratamiento de equivalentes como si fueran idénticos. En otras palabras, es un principio metodológico básico de la ciencia teórica que los equivalentes (o gen idénticos) se tratan como si fueran idénticos.

4. Las entidades teóricas ¿son reales o ficticias? Es esta una cuestión defectuosamente concebida. Primero, porque las "entidades" mentadas no son entidades en absoluto, sino constructos que aparecen en teorías científicas. Segundo, porque no pueden tratar entidades sino propiedades de entidades (hipotetizadas), como la energía de una estrella que se apaga. La cuestión correcta no es si las "entidades teóricas" son reales, sino si nuestros conceptos teóricos se refieren a entidades reales y, si es así, en qué medida. Y estas son cuestiones que difícilmente pueden ser contestadas con ayuda exclusivamente filosófica: son incumbencia de la ciencia experimental.

5. Se ha postulado, sin argumentos que lo apoyen, que "lo que hemos llamado las leyes de la naturaleza son las leyes de nuestros métodos de representarla. Las mismas leyes no muestran nada sobre el mundo" (Watson, 1959, p. 52). ¿Verdadero o falso? Ni lo uno ni lo otro: solamente confuso. La meta de la ciencia natural es representar la naturaleza —alcanza un objetivo cuando encuentra sus leyes. La investigación de los modelos de representación, por otra parte, pertenece a la psicología, epistemología y metodología. Un análisis de los enunciados de las leyes y del concepto de representación evitaría la confusión.

Para concluir: toda ciencia tiende a producir representaciones conceptuales de sus referentes. (Ver, sin embargo, Mackay, 1969, según el cual el formular representaciones es de la incumbencia de la teoría de la información.) En el proceso de construir tales representaciones los científicos encuentran problemas metodológicos cambiantes que no pueden ser evaluados si hacer hipótesis, modelar y teorizar se conciben como acopio y ordenación de datos. Mientras que algunos problemas tales son peculiares de un campo de investigación dado, otros son indistinguibles de problemas epistemológicos. La filosofía puede ayudar a entenderlos o al menos en hacer ver que envuelven problemas filosóficos.

4. Componentes semánticos de una teoría científica

4.1. *Reglas de denotación y suposiciones semánticas*

Las teorías se expresan, en la ciencia contemporánea, por sistemas de símbolos o simbolismos. Lo que representan los símbolos es más o menos claro a partir de (*a*) las fórmulas en las que aparecen, y (*b*) las reglas de designación explícitas que asignan constructos a aquellos símbolos. Un ejemplo de una *regla de designación* (o propuesta) es: "Designe (nombre, represente, esté por, simbolice) 'S' un conjunto". Tales reglas son convencionales en el sentido de que el símbolo preciso elegido para representar un constructo no importa a condición de que toda vez en que el símbolo aparezca sea asignado al mismo constructo. El formalismo matemático resultante no es una teoría matemática abstracta (e.g., la teoría general de grupos) sino una teoría interpretada —e.g., una teoría que describe un grupo de transformaciones del espacio euclidiano.

Tal *formalismo* matemático es por sí mismo neutro respecto a las cuestiones de hecho. Así, a menos que el formalismo se "lea" en términos factuales, nada "dirá" sobre la realidad. Tómese, por ejemplo, la teoría matemática de la selección natural —el mero centro de la teoría contemporánea de la evolución. Como dice Waddington (1967, p. 14) en términos pintorescos "toda la esencia de la evolución —que es cómo llegó a haber caballos y tigres y cosas— es ajena a la teoría matemática (...). El enunciado matemático puro es absolutamente vacío. El modo real en que se aplica, no por teóricos matemáticos sino por los biólogos que trabajan con esta materia, no está vacío en absoluto". Esto no significa que "toda la esencia" de una teoría científica tenga que permanecer separada de sus formalismos: puede y debe ir unida a ellos. Esto es, el formalismo matemático llega a ser una teoría factual, o más bien una de un número de teorías factuales posibles con el mismo formalismo subyacente, si se le proporciona una interpretación factual adecuada.

La situación típica se muestra en el siguiente diagrama:

$$\boxed{\begin{array}{l}\text{Teoría}\\ \text{abstracta}\end{array}} \xrightarrow[\text{matemática}]{\text{Interpretación}} \boxed{\begin{array}{l}\text{Formalismo}\\ \text{matemático}\end{array}} \xrightarrow[\text{factual}]{\text{Interpretación}} \boxed{\begin{array}{l}\text{Teoría}\\ \text{factual}\end{array}}$$

La interpretación factual de una teoría está superpuesta a un entramado matemático definido y está determinado por dos conjuntos disjuntos de reglas semánticas. Uno está formado por las *reglas de denotación* o correspondencias símbolo-cosa que identifican los referentes de la teoría. Este conjunto constituye lo que Campbell (1920, pp. 122-28) llamó el "diccionario" de la teoría. El otro es el conjunto de *suposiciones semánticas* o correspondencias función-propiedad. Mientras el primero apunta y bautiza a los referentes de la teoría, las suposiciones semánticas enlazan los constructos con los datos factuales indicando los rasgos de cosas que se supone, correcta o incorrectamente, que representan los constructos. Unos pocos ejemplos ayudarán a aclarar estas ideas.

Ejemplo 1. En mecánica encontramos, entre otras, las siguientes fórmulas semánticas:

RD 1 π *denota* (nombra, está por) una partícula.

SS 1 $X(\pi, f, t)$ *representa* (o mide) la posición de la partícula π en relación con el marco de referencia f en el instante de tiempo t.

Ejemplo 2. En la genética de poblaciones encontramos:

RD 2 Sea a (denote, nombre, esté por) un alele.

SS 2 Wdt representa el incremento total de la adaptación de la población de interés durante el intervalo de tiempo dt.

Ejemplo 3. En sociología matemática nos encontramos con:

RD 3 *Denote k* un grado de una jerarquía.

SS 3 Σ_k k · n_k *representa* el status de un individuo con n_k subordinados del *k*-ésimo grado de la jerarquía.

Como los nombres son convencionales, las reglas de denotación son parcialmente convencionales. Esto es, los mismos items factuales podrían ser etiquetados nuevamente sin remordimientos, de tal modo que estos aparecerían expresados por un simbolismo diferente pero no en un nuevo cuerpo de teoría. Sin embargo, en la medida en que las reglas de denotación indican los referentes hipotéticos de la teoría, ya no son convencionales: podría ser que la teoría se refiriera a entidades diferentes o a entidades absolutamente irreales. Y es aún más claro el que las suposiciones semánticas sean hipótesis completas, no una cuestión de notación. No son hipótesis sobre la realidad, sino sobre la correspondencia teoría-realidad. Consecuentemente, un cambio en las suposiciones semánticas de una teoría conduciría a una teoría diferente con el mismo formalismo matemático. Por ejemplo, la SS 1 anterior es inaceptable para un operacionalista quien la reformaría en términos de los valores de posición medibles obtenidos por un observador colocado en (o constituyendo) el marco *f*. Respecto a la SS 2, no tendría validez en una teoría distinta de la teoría matemática de Fisher de la selección natural. Finalmente la SS 3 se podría leer de manera diferente en una teoría de organización que enfoque el poder efectivo en lugar del status.

La distinción que hemos trazado raramente se hace de modo explícito en la literatura científica. En ella se encuentran enunciados descuidados tales como "*T* es la temperatura absoluta", que podría ser interpretado o como una regla de designación, o como una suposición semántica. Corresponde al semántico y al experto en fundaciones averiguar en cada caso si se piensa que la palabra ambigua "es" está en lugar de "designa", "denota" o "representa". Tales distinciones no son pedantes: marcan la diferencia entre la convención y la conjetura. Y esta diferencia es desde luego una diferencia metodológica suprema. No obstante no se hace en la filosofía de la ciencia contemporánea, donde las reglas semánticas y las hipótesis semánticas pasan con el nombre común de *reglas de correspondencia.*

Puesto que las reglas de denotación son sólo parcialmente convencionales y las suposiciones semánticas son completamente hipotéticas, no deben ser aceptadas por autoridad como se hace en ocasiones. Sería posible argüir sobre ellas e incluso ponerlas a prueba —aunque no independientemente del formalismo matemático al que sirven. Intentémoslo y expliquémoslo. Una teoría no se constituye en teoría factual a menos que incluya un conjunto de fórmulas semánticas que interpreten sus conceptos básicos en términos factuales. (El que estos ingredientes semánticos se desplieguen dentro del cuerpo de la teoría, o se indiquen en consideraciones casuales, están unidos al formalismo matemático.) Consecuentemente es la teoría como un todo, i.e., el formalismo matemático juntamente con el conjunto de fórmulas semánticas, lo que está sujeto a comprobación empírica. Imaginemos que enviamos al laboratorio un formalismo descarnado o una semántica sin hueso.

Si las comprobaciones empíricas resultan favorables y son ellas mismas fidedignas, se declara que el compuesto formalismo-semántica está confirmado hasta nueva orden. De otra manera surgen tres posibilidades: culpar al formalismo, culpar a la semántica o desechar ambos. La primera alternativa invita a corregir las fórmulas sin tocar la interpretación: es éste un procedimiento bastante común y que a menudo tiene éxito. La tercera alternativa convoca a un nuevo comienzo y puede acabar en una revolución científica como el hallazgo de la mecánica cuántica. La alternativa central, viz., corregir las fórmulas semánticas, parece ser la menos conocida por los filósofos, pero se ha intentado aplicar más a menudo que los cambios radicales. Los siguientes ejemplos son bien conocidos por los físicos y muestran lo importante que puede ser un cambio en la semántica de una teoría.

Ejemplo 1. El principal impacto de la relatividad especial sobre la electrodinámica clásica fue que la obligó a abandonar toda referencia al éter mecánico. Desde entonces, basándose en esta teoría, se pensó el referirse a, y representar, campos electromagnéticos. Consecuentemente, todas las cuestiones sobre las propiedades del éter y los movimientos relativos al mismo desaparecieron de la noche a la mañana.

Ejemplo 2. Al comenzar la mecánica ondulatoria se consideró la función ψ como una ondulación real o como un simple auxiliar matemático (una variable interveniente). Después, se supuso que su cuadrado representaba la densidad de masa del sistema asociado con ψ. Eventualmente se adoptó con fundamentos razonables la interpretación estadística y se demostró que todas las interpretaciones rivales eran las culpables de las consecuencias incompatibles con la prueba empírica.

Ejemplo 3. La teoría de Yukawa de las fuerzas nucleares suponía que trataba con mesones μ. Pero este último no pudo conformarse con la teoría. Eventualmente se encontró que los mesones π satisfacían de hecho la teoría de una manera razonablemente buena. De acuerdo con esto se cambió la suposición semántica original.

El semántico no está capacitado para decidir el cambio del formalismo o la semántica de una teoría científica ante la evidencia empírica adversa. Todo lo que puede hacer es insistir en que las fórmulas semánticas estén formuladas explícita y claramente para poder tenerlas mejor bajo control. Puede poner también sobre aviso de las concomitancias filosóficas de alguna semántica dada —pero este punto reclama otra sección.

4.2. *Compromisos filosóficos de las SS.*

Los ejemplos anteriores de fórmulas semánticas (reglas de denotación y suposiciones semánticas) sugieren establecer la siguiente regla metodológica.

REGLA. En una teoría científica bien formada.

(i) Los referentes deberán estar indicados por *reglas de denotación* explícitas que sean relevantes a los símbolos de clase de la teoría.

(ii) Una regla de denotación tiene la forma "σ denota un (miembro de la clase o especie) Σ";

(iii) Las suposiciones semánticas explícitas deberán establecer qué propiedad, si hay alguna, del referente (o los referentes) representa un predicado básico de la teoría;

(iv) Una suposición semántica tiene la forma "P representa el ...... de un σ en Σ", donde los puntos suspensivos nombran la propiedad o relación representada por el predicado P;

(v) La denotación de todo símbolo definido, al igual que la función representante de todo concepto definido, debe ser compatible con las fórmulas semánticas en las que aparecen los datos definientes.

No es necesario decir que las asignaciones de referencia y propiedad deben ser consistentes con la estructura del símbolo o constructo en cuestión. Así, si aparece un símbolo simple de clase en una teoría, entonces puede denotar un tipo simple de entidades en lugar de, digamos, el conjunto de pares cosa-aparato o cosa-observador (esta condición es ignorada por las interpretaciones operacionalistas). Y si una cierta función no depende del tiempo, entonces no puede representar un cambio en el curso del tiempo.

En segundo lugar, no es obligatorio que todo predicado represente alguna propiedad en una teoría. Muchos predicados, particularmente en teorías sofisticadas, no representan propiedad definida alguna aun cuando (*a*) tengan referentes definidos y (*b*) ayuden a definir los constructos a los que representan. Es este el caso de los lagrangianos, las funciones de partición y las funciones propias de los operadores de mecánica cuántica distintos del operador de energía. Tercero, las reglas de denotación y las suposiciones semánticas resumen significados factuales, pero no los agotan. Ningún simple de una teoría real, ni siquiera sus suposiciones semánticas, da una caracterización completa del significado factual de la teoría: solo la teoría como un todo es completamente significativa.

Para cualquier teoría dada se puede poner en práctica la regla precedente de varios modos alternativos. En otras palabras, dado un formalismo matemático y la regla anterior, hay juego suficiente para obtener varias teorías factuales alternativas —tantas como conjuntos de fórmulas se superimpongan al formalismo. Lo que no es de lamentar, pues deseamos ensayar diferentes teorías antes de elegir una de ellas.

Además, la puesta en práctica de la regla precedente depende de la filosofía de cada uno. En particular, una suposición semántica puede interpretarse al menos de tres maneras diferentes:

	$\nearrow$ Propiedad objetiva	*Realismo*
Constructo	$\rightarrow$ Operación empírica	*Operacionalismo*
	$\searrow$ Propiedad subjetiva	*Subjetivismo*

En el primer caso se le asignaría a la teoría, aun cuando se refiera a cerebros, un significado estrictamente objetivo, i.e., un significado independiente del sujeto cognoscente o del observador. En el segundo caso (aunque se refiera a galaxias muy lejos de nuestro alcance) un significado operacionalista, i.e., todo predicado de la misma sería correlacionado con un compositum sujeto-objeto. Y en el tercer caso la teoría versaría sobre el mismo teórico, e.g., el estado de su conocimiento, la fuerza de su creencia y el grado de su incertidumbre.

Estas tres líneas del espectro semántico son particularmente claras en relación con las teorías estocásticas. Así, una probabilidad de transición $P(a \rightarrow b)$ del estado a al estado b de algún sistema se interpreta usualmente de una de las siguientes maneras:

SS Realista $P(a \rightarrow b)$: la *tendencia* del sistema a pasar del estado a al estado b.

SS Operacionalista $P(a \to b)$: la *frecuencia* con la que el sistema, cuando está sujeto a ciertas condiciones experimentales, se observa que pasa del estado a al estado b.

SS Subjetivista $P(a \to b)$: Mi grado racional de creencia en la transición del sistema del estado a al estado b.

Con frecuencia se adopta una de estas suposiciones semánticas por una creencia o por la fuerza (o debilidad) de alguna tradición filosófica, y en cualquier caso con poca preocupación por la estructura de los conceptos tratados o por el papel que juegue en los enunciados de las leyes de la teoría. Si se analiza la función de probabilidad P que aparece arriba, encontramos que a y b denotan estados de algún sistema bastante alejados de cualquier consideración experimental: si hay una sola variable objeto involucrada, entonces no hay lugar para una segunda variable objeto que represente un observador. La variable objeto debe representar entonces o un objeto externo o al teórico (o su mente). Si representa al primero entonces todos los enunciados de leyes en los que aparezca P deben referirse a objetos externos de donde se desprende que deben ser comprobables al manipular y observar tales objetos. Pero si el referente P es el mismo teórico, entonces todos los enunciados en los que aparezca P deben referirse, de modo similar, a él (al menos) y así las comprobaciones empíricas deben incluir introspecciones.

Debiéramos advertir entonces a qué nos comprometen nuestras suposiciones semánticas y cuáles son sus bases filosóficas. Y debemos exigir que toda suposición semántica, lejos de aceptarse por autoridad, sea *comprobable,* tanto conceptual como empíricamente, es decir:

(i) Una suposición semántica debería *satisfacer la estructura* del concepto en cuestión y no violar ninguna de las fórmulas básicas en las que aparezca el constructo. Comprobar esta condición es cosa de papel y lápiz, desde luego: es un test conceptual.

(ii) El constructo en una suposición semántica debería describir de hecho lo que supone que representa. Chequear esta condición exige comprobaciones empíricas de alguna de las fórmulas interpretadas por las suposiciones semánticas.

Así pues, si una teoría contiene suposiciones semánticas del tipo operacionalista, comprobaremos (a) si el formalismo matemático hace de hecho lugar a tales suposiciones (e.g., si hay variables suficientes para representar no solamente al sistema, sino también al equipo experimental y al observador), (b) si la teoría nos permite computar cantidades de alguna cosa que no está siendo sometida a condiciones experimentales y (c) si los resultados experimentales son de hecho críticamente dependientes del observador y su equipo. Y si la teoría contiene suposiciones semánticas del tipo subjetivo, comprobaremos (a) si la teoría hace de hecho predicciones sobre el estado mental o conducta del teórico (o del observador) y (b) si los datos empíricos utilizables se refieren al sujeto cognoscente mismo en lugar de concurrir objetos externos a él —e.g., otra persona. En conclusión las suposiciones semánticas de una teoría científica no son convenciones ni son *dicta* más allá de toda controversia: son hipótesis comprobables. (Únicamente no pueden ponerse a prueba separadamente de las fórmulas a las que dotan de un contenido conceptual.) Que son hipótesis y a menudo sujetas a controversia, puede desprenderse de los debates sobre la interpretación de los formalismos matemáticos de las teorías cuánticas.

4.3. *Aplicaciones a la mecánica cuántica*

La mecánica cuántica es, probablemente, el campo científico con el mayor número y variedad de suposiciones semánticas (ver Bunge 1956 y "Debate sobre la mecánica cuántica" *Physics Today,* vol. 24, 1971, n. 4, pp. 36-44). Con bastante frecuencia se dan a una fórmula dada pares de suposiciones semánticas mutuamente incompatibles en una y la misma obra, sin escrúpulos de ningún tipo. La tabla 3.5

muestra ejemplos modestos de tales suposiciones semánticas alternativas en relación a dos fórmulas de uso cotidiano. Estas fórmulas son

la *ecuación de valores propios* $A_{op}u_k = a_k u_k$, donde $A_{op} \triangleq$ Propiedad A,

y

el *desarrollo de una función propia* $\psi = \Sigma_k c_k u_k$

Solamente un análisis detallado de la teoría total nos capacita para tomar partido por uno u otro conjunto de alternativas de suposiciones semánticas. Un análisis llevado a cabo en otro lugar (Bunge 1967 b, 1973 b) muestra que solamente está permitida la interpretación realista por el formalismo matemático de la teoría cuántica. No podemos entrar aquí en detalles, pero daremos unas razones para rechazar la versión standard u operacionalista (o de Copenhague) de la semántica de la mecánica cuántica.

Una primera razón de por qué una suposición semántica no puede correlacionar constructos teóricos con datos empíricos es que los primeros no son precisamente lo bastante espaciosos para dar cabida a instrumentos y observadores. En otras palabras, las fórmulas no contienen variables suficientes que permitan referirse a situaciones experimentales: este es un argumento semántico. Una razón metodológica de por qué una suposición semántica no puede asignar datos empíricos a constructos teóricos es que las teorías no pueden ocuparse de sus propias comprobaciones. Cada comprobación empírica se enlaza con objetos distintos de los representados por la teoría, a saber, piezas de aparatos. Y estos objetos adicionales deben estar representados por teorías adicionales. Éstas, las teorías auxiliares que representan el complejo objeto-equipo experimental, diferirán de acuerdo con la naturaleza del equipo experimental que raras veces es única. Por ejemplo, la termodinámica contiene el concepto de presión, pero no tiene ningún medio para diseñar medidas de presión. Y esta última se emplea a menudo para comprobar la mecánica cuántica, pero está ausente de ésta la

TABLA 5. DOS CONJUNTOS DE SUPOSICIONES SEMÁNTICAS RIVALES (OPERACIONALISTA Y REALISTA) PARA LA ECUACIÓN DE VALOR PROPIO Y EL DESARROLLO DE UNA FUNCIÓN PROPIA. A_{op}: OPERADOR DISTINTO DEL HAMILTONIANO

SÍMBOLO	STATUS MATEMÁTICO	SUPOSICIÓN SEMÁNTICA OPERACIONALISTA	SUPOSICIÓN SEMÁNTICA REALISTA
A_{op}	Operador en un espacio de Hilbert.	Se refiere a un bloque objeto-aparato observador. Representa una variable dinámica del todo.	Se refiere a un sistema físico independientemente del entorno. Representa una propiedad intrínseca del sistema.
u_k	Función en un espacio de Hilbert.	El mismo referente que A_{op}. Representa el estado de bloque cuando una medida da el valor a_k.	Se refiere al sistema (sin entorno). No representa nada. (Los desarrollos de una función propia son auxiliares matemáticos.)
a_k	Número real.	Valor posible que encuentra al medir la variable dinámica representada por A_{po}.	Posible valor de la variable dinámica A_{po}.
ψ	Función en un espacio de Hilbert.	Estado del conocimiento del observador antes de efectuar cualquier medida.	Estado del sistema físico en algún entorno (eventualmente nulo o inexistente).
$\lvert c_k \rvert^2$	Número real positivo.	Probabilidad de obtener el valor a_k al medir la variable dinámica representada por A_{op}, o fuerza de la propia creencia de que se obtendrá a_k al efectuar la medición.	Propensión o tendencia de A al valor a_k.

genuina noción de presión. Otro ejemplo: los campos electromagnéticos afectan al crecimiento de las plantas y a su forma. De aquí que se pueda pensar en usar plantas como instrumentos de baja sensibilidad para medir algunos rasgos del campo electromagnético. Pero sería absurdo postular que la teoría electromagnética, aun menos la electrodinámica cuántica, represente plantas. En general, cualquier enunciado sobre la naturaleza o la fuerza de la evidencia empírica relevante para una teoría científica se construye con la ayuda de, al menos, otra teoría distinta (Bunge 1973b, 1967a). Sin embargo, ésta es otra cuestión —para la metodología, no para la semántica.

5. Conclusión

La noción de representación está ausente, de manera visible, de las semánticas convencionalista, formalista y empirista de la ciencia. Particularmente la última, que es la mejor conocida, no es útil para el concepto de representación porque rechaza la tesis realista y sostiene que los conceptos no-lógicos son, en última instancia, perceptos o construcciones lógicas basadas en estos últimos. De acuerdo con el empirismo las teorías científicas tienen un contenido observacional o empírico dado por las "reglas de correspondencia" de la teoría, reglas que unen los términos teóricos con los observacionales, que son a su vez libres-de-teoría. La noción de una cosa autónoma o real, que para el realista es el objeto tanto de la teoría como de la experiencia científica, no aparece en absoluto en aquella doctrina.

Un análisis de especímenes reales de teoría científica habría demostrado que el único soporte que posee la semántica empirista es la tradición —una tradición de análisis exactos y cuidadosas reconstrucciones de una ciencia no existente. Un análisis de caso del tipo en cuestión patrocinado por la Institutionen for Veternskapteori que dirige Hókan Törnebohm en Göteborg habría mostrado que

(a) el propósito y el resultado de teorizar no es envasar sensaciones, ni siquiera datos, sino representar aspectos selectos de cosas presumiblemente reales, (b) los conceptos teóricos son construcciones matemáticas sofisticadas que ni pueden ser definidas en términos de operaciones empíricas ni interpretadas como funciones lógicas de conceptos observacionales, y (c) las comprobaciones empíricas que se destinan a estimar el valor de verdad de hipótesis y teorías, constan de operaciones proyectadas a la luz de otras teorías —un proceso al que Joseph Agassi ha llamado adecuadamente una operación de *alzarse tirando de los cordones de los zapatos.*

La experiencia —controlable, no subjetiva, refinada, no ruda— es el eslabón metodológico entre la teoría y la realidad. Este eslabón no pertenece a la teoría bajo comprobación: si lo fuera entonces una u otra serían redundantes. Y no es el único puente que enlaza el precipicio entre la teoría y la realidad: está también el puente semántico constituido por las suposiciones semánticas de la teoría. (No incluimos entre ellas las convenciones semánticas o reglas de designación que son eslabones convencionales símbolo-constructo.) Estas hipótesis son de dos tipos:

(a) *reglas de denotación* de la forma "El símbolo *s* denota la cosa *V*";

(b) *suposiciones de representación* de la forma "La función *F* representa la propiedad *P* de la cosa *V*".

Las suposiciones semánticas de una teoría científica acoplan los símbolos y sus designados con cosas supuestamente reales y sus propiedades. Puesto que tienen referentes putativamente reales y no son tautológicos, nuestras suposiciones semánticas son enunciados factuales. De aquí que tengan un contenido factual. Además como son la única indicación sistemática sobre lo que la teoría se supone que representa, las suposiciones semánticas determinaban, al menos en esbozo, el significado factual de los constructos extralógicos involucrados en ellos. En otras palabras, las suposiciones corregibles sobre qué características del mundo representan los conceptos de una teoría fáctica, contribuyen a dotar a una teoría científica de un contenido factual. Sin ellos seríamos incapaces de postular que las teorías científicas son objetivas.

BIBLIOGRAFÍA

Bunge, M. (1961). The weight of simplicity. *Philosophy of Science 28;* 120-149. Véase también *The Myth of Simplicity* (Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, 1963).

———. (1967a). *Scientific Research,* Parts I and II (New York: Springer-Verlag).

———. (1967b). *Foundations of Physics* (New York: Springer-Verlag).

———. (1973a).*Method, Model and Matter* (Dordrecht: Reidel).

———. (1973b). *Philosophy of Physics* (Dordrecht: Reidel).

———. (1974). The relations of logic and semantics to ontology. *Journal of Philosophical Logic 3;* 25-38.

Campbell, N. (1920). *Physics: The Elements* (Cambridge: Cambridge University Press).

Kraft, V. (1970). *Mathematik, Logik und Erfahrung,* 2.ª ed. (Wien and New York: Springer-Verlag, Library of Exact Philosophy.)

MacKay, D. M. (1969). *Information, Mechanism and Meaning* (Cambridge, Mass.: M. I. T. Press).

Rosen, R. (1958). The representation of biological systems from the standpoint of the theory of categories. *Bulletin of mathematical Biophysics 20;* 317-341.

Russell, B. (1918). The philosophy of logical atomism. *The Monist 28:* 495-527; *29:* 32-63, 190-222, 345-380.

Seshus, S. y M. B. Reed (1961). *Linear Graphs and Electrical Networks* (Reading, Mass.: Addison-Wesley).

Waddington, C. H. (1967). Discussion of Eden's paper. In P. S. Moorhead and M. M. Kaplan, Eds., *Mathematical Challenges to the Neo-Darwinian Interpretation of Evolution* (Philadelphia: The Wistar Institute).

Watson, W. H. (1950). *On Understanding Physics* (New York: Harper & Brothers).

Versión castellana de DIEGO RIBES *y* ESTEBAN REQUENA