EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA

SELECCIÓN DE TRABAJOS DE LAS XV JORNADAS

VOLUMEN 11 (2005)

TOMO II

Horacio Faas
Aarón Saal
Marisa Velasco
Editores

ÁREA LOGICO-EPISTEMOLÓGICA DE LA ESCUELA DE FILOSOFÍA
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE FILOSOFÍA Y HUMANIDADES
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

Realismo estructural y progreso

*Adriana Spehrs**

Presentación

En esta comunicación se propone un criterio de evaluación de teorías, en el marco de una concepción realista estructural. Este criterio procura determinar si una teoría incrementa nuestro conocimiento de la estructura de la realidad con respecto a otra teoría. La aplicación del criterio sugerido permite establecer si la sustitución de una teoría por otra representa algún progreso, aunque no asegura un mayor conocimiento de las entidades inobservables postuladas. Sólo garantiza el acceso a una descripción más detallada de las relaciones que mantienen entre sí tales entidades.

El criterio propuesto evidencia, además, el incremento de información acerca del ámbito observacional proporcionado por el empleo de conceptos teóricos que no son "semánticamente Ramsey-eliminables" en una teoría. Es decir, este criterio muestra la indispensabilidad de los conceptos teóricos que, desde la perspectiva de la concepción semántica de las teorías científicas, no son eliminables mediante la sustitución de la teoría en la que figuran por su enunciado Ramsey correspondiente. Finalmente, se advierte que la aplicación del criterio propuesto deberá posponerse hasta que se disponga de un método efectivo para determinar si se satisfacen las condiciones impuestas por este criterio.

Realismo científico estructural

Asumiremos aquí que el realismo estructural afirma una semejanza puramente extensional entre la estructura de nuestras mejores teorías y la de la realidad. De acuerdo con esta concepción, nuestras mejores teorías científicas nos permiten conocer las relaciones que mantienen entre sí las entidades inobservables, pues su estructura formal refleja la estructura de la realidad. Pero estas teorías no nos permiten acceder a la verdadera naturaleza de la realidad inobservable postulada. Pues, como diferentes interpretaciones teóricas pueden satisfacer una misma estructura, carecemos de razones para considerar correcta alguna de esas ontologías en particular. Según esta concepción -defendida por Grover Maxwell y atribuida a Ramsey- la estructura de una teoría científica se expresada mediante el enunciado Ramsey correspondiente y agota el contenido cognitivo de los términos teóricos de esa teoría.

Para obtener el enunciado Ramsey de una teoría finitamente axiomatizable y -por simplicidad- formalizable en lógica de primer orden, debemos expresarla como la conjunción de sus axiomas. Sea T una teoría de este tipo, que representaremos esquemáticamente "$T[O_1, O_2, .., H_1, H_2, ...]$", siendo $O_1, O_2, ..., O_i, ...$ constantes de predicados, relaciones y funciones observacionales, y $H_1, H_2, ..., H_j...$ constantes teóricas. Si en T reemplazamos estas constantes H_j por variables de predicados, relaciones y funciones teóricas $X_1, X_2, ..., X_j$ que se cuantifican existencialmente, obtenemos el enunciado Ramsey de la teoría T, "TR. $\exists X_1$,

* Universidad de Buenos Aires.

$\exists X_2, \ldots T[O_1, O_2, \ldots, X_1, X_2, \ldots]$" en el que no figuran constantes teóricas. De todos modos, la generalización existencial de sus variables teóricas de la teoría implica que existen ciertas clases: los dominios de los valores de las variables de segundo grado X_j que mantienen ciertas relaciones con las entidades observables, aunque estas clases no necesariamente sean las denotadas por los términos teóricos de la teoría original.

El enunciado Ramsey de una teoría permite inferir las mismas consecuencias observacionales que aquella, pero preserva la estructura original de la teoría. Según la concepción realista estructural de las teorías científicas, el contenido cognitivo de una teoría se reduce a sus consecuencias observacionales, junto con la afirmación de que hay clases no vacías de entidades que constituyen un modelo de cierta estructura lógico-matemática abstracta, y la aseveración de que la descripción de los fenómenos observables está inmersa en esa estructura abstracta más rica. A fin de elucidar el sentido de esta última afirmación, supongamos que $M[O_1, O_2, \ldots, H_1, H_2, \ldots]$ es un modelo de la teoría $T[O_1, O_2, \ldots, H_1, H_2, \ldots]$ y que $M''[O_1, O_2, \ldots]$ es una subestructura de M caracterizada exclusivamente en términos de los conceptos observacionales $O_1, O_2, \ldots$ Entonces, M" será una subestructura de M, si el dominio de M" es un subconjunto del dominio de M, si las funciones de ambas estructuras asignan los mismos valores a los elementos comunes, y los elementos relacionados por las relaciones de M también lo están por las relaciones de M".

Una estructura M' está inmersa en otra estructura M más rica, si hay en M una subestructura M" isomórfica con M'. Es decir, hay una "copia" de M' dentro de M. Dos estructuras $<A,f,R>$ y $<B,g,S>$ son isomórficas entre sí, si hay una función biyectiva h que hace corresponder a los elementos de una estructura valores que son elementos de la otra estructura, de modo tal que $h(f(x_i))=g(h(y_i))$ y que si $<x_1,\ldots,x_n> \in R$, entonces $<x_1,\ldots,x_n> \in S$.

Según esta concepción de las teorías científicas, la función de los conceptos teóricos de T consiste en restringir la clase de los modelos observacionales M' pero indirectamente, sin afirmar nada sobre ellos. Los conceptos teóricos de T imponen tal restricción exigiendo que cada modelo observacional M' esté inmerso en una estructura más rica M que sea modelo de la teoría T. Así, la contribución de los conceptos teóricos al significado cognitivo de la teoría no requiere de principios puentes ni definiciones coordinadoras, pues la mera existencia de las clases que constituyen la extensión de estos conceptos teóricos impone la restricción de inmersión. Este requisito es puramente estructural, pues no importa a qué individuos particulares -o n-tuplas de individuos- se aplican los conceptos teóricos. Sólo importa que la estructura constituida por esos individuos -o n-tuplas- con respecto a sus propiedades y relaciones observables, satisfaga la teoría T. Esta indiferencia se manifiesta, también, en la forma existencial del enunciado Ramsey de la teoría, por eso este enunciado impone el mismo requisito de inmersión que la teoría original T.

Un criterio estructural de evaluación comparativa de teorías

De acuerdo con el criterio de evaluación comparativa que proponemos, una teoría T2 incrementa el conocimiento de la estructura de la realidad con respecto a otra teoría T1 si se satisfacen las siguientes condiciones, siendo TR1 y TR2 los enunciados Ramsey correspondientes a las teorías T1 y T2:

C. 1 Todo modelo observacional M′ que esté inmerso en un modelo M de TR1, también debe estar inmerso en un modelo de TR2

Esta condición exige que T2 sea al menos tan empíricamente adecuada como T1.

C. 2 Hay al menos un modelo observacional M′ inmerso en un modelo M de TR2 que no está inmerso en ningún modelo de TR1.

Esta condición requiere que T2 supere en adecuación empírica a T1.

C. 3 La clase de los modelos de TR1 incluye algún modelo M que no es modelo de TR2.

Esta condición garantiza que T2 impone restricciones más exigentes a la clase de sus modelos posibles que las impuestas por T1. De lo contrario, la elección de T2 en reemplazo de T1 no supondría necesariamente un incremento del conocimiento de la estructura de la realidad. Pues, para la satisfacción de las dos condiciones anteriores es suficiente que T2 imponga menos restricciones que T1 -o restricciones menos exigentes- a la clase de sus modelos.

Este criterio de evaluación garantiza que T2 representa un progreso con respecto a T1, por cuanto T2 brinda una descripción más detallada de la estructura de la realidad. No obstante, conviene esclarecer qué beneficio reporta esta caracterización del criterio de evaluación en términos de subestructuras inmersas en modelos del enunciado Ramsey de una teoría. Pues podría objetarse que este criterio es expresable en términos de consecuencias observacionales deducibles de una teoría, de fenómenos explicados o predichos por una teoría, o de anomalías y problemas resueltos por una teoría. Sin embargo, esta última alternativa plantea la dificultad de que carecemos de una caracterización unívoca y precisa de las nociones de "anomalía" y "problema resuelto". Las dos primeras alternativas requieren la referencia a hipótesis auxiliares, definiciones coordinadoras, reglas de correspondencia o sistemas interpretativos, recursos de los que prescinde la formulación del criterio de evaluación en términos estructurales.

Pero la ventaja más importante de la formulación de este criterio en términos de estructuras -en lugar de, por ejemplo, consecuencias observacionales- reside en que la formulación aquí propuesta es más restrictiva. Para justificar esta afirmación tenemos que compararlo con su reexpresión en términos de consecuencias observacionales. Necesitaremos, entonces, introducir las siguientes definiciones que permitirán reformular el criterio de modo que haga referencia a teorías con las mismas consecuencias observacionales:

D. 1. El **lenguaje L(T) de una teoría T** incluye el conjunto de fórmulas bien formadas de ese lenguaje, más sus axiomas lógicos y reglas de inferencia.

D. 2. Un lenguaje $L(\lambda \cup \mu)$ es una **extensión del lenguaje** observacional $L'(\lambda)$ si L incluye L′ y L incluye, posiblemente, nuevas constantes extralógicas, aunque tiene los mismos axiomas lógicos y reglas de inferencia que L′.

D. 3. Una **teoría** T es un conjunto de fórmulas de un lenguaje L(T), cerrado con respecto a la deducción.

D. 4. Una teoría T es una **extensión de una teoría** T′ si y sólo si $T' \subseteq T$

D. 5. La teoría T es una **extensión conservativa de una teoría** T′ si y sólo si $T \cap L(T') = T'$. Si T es una extensión conservativa de T′ con respecto al lenguaje observacional $L(T') = L'(\lambda)$, diremos que T′ es una **subteoría observacional maximal** de T con respecto al lenguaje L(T′)

D. 6. Sea M una estructura del lenguaje L(T), entonces M es una **expansión de la estructura** M′ -y M′ una **reducción** de M al lenguaje L(T′)- si M′ es la estructura que se obtiene al omitir todas las relaciones, funciones e individuos distinguidos de M cuyos nombres no pertenecen al lenguaje observacional L(T′).

Una consecuencia derivada de la definición D.5. es la siguiente:

C.D. 1. Una teoría T es una extensión conservativa de otra teoría T′ cuyo lenguaje $L(T') = L(\lambda)$ contiene constantes extralógicas observacionales solamente, si toda fórmula F del lenguaje L(T′) que se deduce de T también se deduce de T′. Es decir, si T′ y T tienen el mismo contenido empírico.

Esto significa que, cuando T es una extensión conservativa de T′, la introducción de nuevos conceptos teóricos en T mediante el lenguaje $L(T) = L(\lambda \cup \mu)$ no aumenta el número de consecuencias observacionales de T que podrían obtenerse en términos del lenguaje observacional $L(T') = L(\lambda)$.

Una consecuencia derivada de la definición D.6. es la siguiente:

C.D. 2. M es una expansión de M′ -y M′ una reducción de M, lo cual se denota $M' = M/L(T')$- si M y M′ tienen el mismo dominio, aunque M tenga, posiblemente, más relaciones y funciones que M′.

Reformulemos, ahora, el criterio de evaluación propuesto, pero en términos de modelos de subteorías observacionales maximales, es decir, de teorías con las mismas consecuencias observacionales:

Sean T1 y T2 extensiones conservativas de las teorías T1′ y T2′ respectivamente, tales que los lenguajes L(T1′) y L(T2′) contienen constantes extralógicas observacionales únicamente. Una teoría T2 supone un incremento del conocimiento de la estructura de la realidad con respecto a otra teoría T1 si se satisfacen las siguientes condiciones:

C. 1* Si M′ es modelo de T1′, entonces M′ también es modelo de T2′

Esta condición exige que todo modelo de una restricción de T1 a su lenguaje observacional sea modelo de una restricción de T2 a su lenguaje observacional.

C. 2* Hay al menos un modelo M′ de T2′ que no es modelo de T1′.

Esta condición requiere que haya al menos un modelo de una restricción de T2 a su lenguaje observacional que no sea modelo de una restricción de T1 a su lenguaje observacional.

C. 3* La clase de los modelos de T1 incluye algún modelo que no es modelo de T2.

Esta condición garantiza que T2 impone restricciones más exigentes a la clase de sus modelos posibles que las impuestas por T1.

Cabe señalar que todo modelo de una teoría T es también modelo de la restricción al lenguaje observacional de T, según el siguiente teorema de la teoría de modelos[1]:

> **T.1.** Sea L(T) una extensión de L(T'). Una teoría T es extensión de T' si y solo si la restricción al lenguaje L(T') de cualquier modelo M de T es modelo de T'. Es decir: $T' \subseteq T$ **si y sólo si M'=M/L(T') es modelo de T'**

Puede probarse que la conjunción del teorema T.1. y las condiciones **C. 1*, 2*** y **3*** impuestas por esta segunda formulación del criterio de evaluación, implica la siguiente consecuencia:

> C.D.3. Sean T1 y T2 extensiones conservativas de T1' y T2', respectivamente. Entonces hay por lo menos una estructura M' que es modelo de T1' y de T2', **tal que M' tiene una expansión M que es modelo de T1 pero M' carece de expansiones que sean modelos de T2.**

En efecto, aunque T2 sea una extensión conservativa de T2', y por lo tanto T2' tenga las mismas consecuencias observacionales que T2, no necesariamente sucede que todo modelo M' de T2' tenga una expansión que sea modelo de T2. Sólo puede asegurarse que existe tal expansión en el caso de los modelos finitos de T2' y sólo cuando, además, todas las constantes de individuo de T2 también pertenecen a T2'.[2]

A diferencia de los que ocurre en el caso de las subteorías observacionales maximales T' de una teoría T, el enunciado Ramsey TR de T presenta la ventaja de que el **conjunto de los modelos observacionales inmersos en los modelos de TR es el conjunto de los modelos de las subteorías T' cuyas expansiones son modelos de T.** Sin embargo, T es siempre una extensión conservativa de su enunciado Ramsey TR y éste -tanto como las subteorías observacionales maximales T' de T- tiene exactamente las mismas consecuencias observacionales que T. En otras palabras, hay teorías T cuyas subteorías observacionales maximales T' no capturan exactamente los modelos de sus enunciados Ramsey, sino que la clase de los modelos de TR es una subclase propia de la clase de los modelos de una subteoría observacional maximal T' de T. Así, aunque en el enunciado Ramsey TR de la teoría T no figuran constantes extralógicas del vocabulario teórico μ, TR restringe la clase de los modelos observacionales M' de modo más riguroso que una subteoría observacional maximal T', y lo hace mediante el requisito de inmersión.

La indispensabilidad de los conceptos teóricos

Puede apreciarse, ahora, una ventaja ulterior de esta caracterización en términos estructurales del criterio de evaluación propuesto, si aceptamos la definición brindada por Tuomela de concepto teórico semánticamente "Ramsey-eliminable" de una teoría T[3]:

> D. 7. Un concepto teórico -representado por una constante extralógica $P \in \mu$- de una teoría T es **semánticamente Ramsey-eliminable** si y sólo si hay una subteoría recursivamente axiomatizable $T'(\lambda)$ de $T(\lambda \cup \mu)$ tal que todo modelo M'=<D, O1, ..., On> de $T'(\lambda)$ tiene una expansión M=<D, O1, ...On, P> que es modelo de T.

A la luz de esta definición de concepto teórico semánticamente Ramsey-eliminable, la consecuencia C.D.3. implica que hay por lo menos un concepto teórico en T2 que no es semánticamente Ramsey-eliminable. Recordemos que C.D.3 se dedujo del teorema T.1 y de la segunda formulación del criterio de evaluación -es decir, del criterio expresado en términos de subteorías que conservan el contenido empírico de la teoría original-. En otras palabras, si bien siempre es posible una eliminación sintáctica de los conceptos teóricos de una teoría, por ejemplo, recurriendo a alguna subteoría observacional maximal de la teoría original,[4] no siempre es posible la eliminación semántica -es decir, desde la perspectiva de la teoría de modelos- de los conceptos teóricos en el lenguaje de primer orden. Así, el criterio de evaluación sugerido permite apreciar la riqueza observacional que reporta el empleo de conceptos teóricos que no son semánticamente Ramsey-eliminables. Pues, si un concepto teórico P no es semánticamente Ramsey-eliminable, entonces permite restringir el conjunto de estados de cosas observables que son modelos de las subteorías observacionales maximales de la teoría original. Ya que la consecuencia C.D. 3 asegura que no todos los modelos de la subteoría observacional maximal T′ de T serán modelos del enunciado Ramsey TR de T. En otras palabras, el enunciado Ramsey TR de T impone condiciones más restrictivas a la clase de sus modelos observacionales que las impuestas por la subteoría observacional maximal T′, ya que, a diferencia de T′, TR conserva la estructura de la teoría T original.

Conviene señalar que esta superioridad de la formulación en términos estructurales del criterio propuesto queda neutralizada el caso de los modelos finitos de las subteorías observacionales maximales T′ de las que T es una extensión conservativa. Pues en este caso particular, los conceptos teóricos son siempre semánticamente Ramsey-eliminables en el lenguaje de primer orden con identidad, según el siguiente teorema demostrado por Craig y Vaugh[5]:

T.2. Sea T una extensión conservativa de T′ tal que L(T′) y L(T) sólo difieren en sus símbolos de predicado. Entonces, todo modelo finito de T′ tiene una expansión que es modelo de T.

No obstante, generalmente T′ no tiene modelos finitos, por ejemplo, cuando presupone esencialmente la teoría de los números reales y funciones con valores reales. Por lo tanto, puede sostenerse la superioridad de la formulación en términos estructurales del criterio de evaluación de teorías en la mayor parte de los casos.

Consideraciones finales

En conclusión, el criterio de evaluación propuesto evidencia la indispensabilidad los conceptos teóricos que no son semánticamente Ramsey-eliminables de una teoría, pues pone de manifiesto que estos conceptos restringen la clase de los modelos infinitos de la teoría. Pero debe admitirse que desconocemos cómo se refleja esta restricción en el análisis efectivo de los modelos de una teoría, ya que tal análisis sólo puede considerar estructuras finitas de datos observados. En suma, en el caso de los modelos finitos el criterio propuesto no permite asegurar que los conceptos teóricos cumplan una función indispensable directamente vinculada con el ámbito observable, pero sí garantiza que cumplen tal función en el caso de los modelos infinitos. Esta función, que consiste en la imposición del requisito puramente estructural de inmersión, no puede expresarse en el lenguaje de primer orden, y es difícil determinar si tiene alguna manifestación en algún sentido observable.[6] Así, no podemos asegurar que las partes finitas -efectivamente observadas- de los modelos infinitos que estudiamos correspondan a modelos que satisfacen los requisitos impuestos por los conceptos teóricos que no son semánticamente Ramsey-eliminables de una teoría. Para poder hacerlo, deberíamos conocer en qué se diferencian cada una de las partes finitas de los modelos infinitos que sí satisfacen esas restricciones de las de los modelos infinitos que no lo hacen.

Notas

[1] Tuomela (1973) pp. 55-56.

[2] Cabe aclarar que $T(\lambda \cup \mu)$ es **semánticamente no creativa** con respecto a una subteoría $T'(\lambda)$ si y sólo si todo modelo M' de T' tiene una expansión M que es modelo de T Si la teoría T es semánticamente no creativa con respecto a T', entonces T es una extensión conservativa de T'. Pero la conversa no puede aseverarse: no siempre es posible encontrar una subteoría T' de T que garantice la eliminabilidad Ramsey semántica –o eliminabilidad-Ramsey desde la perspectiva de la teoría de modelos- de un concepto teórico de una teoría.

[3] Tuomela (1973) p. 61

[4] Cuando T es sintácticamente no creativa con respecto a T', siempre se puede encontrar, para toda teoría mas rica de primer orden T una subteoría observacional maximal recursivamente axiomatizable T' –por ejemplo, la transcripción craigiana de T-

[5] Craig & Vaugh (1958) pp 289-308.

[6] Tuomela (1973) p. 63.

Bibliografía

Craig, W. & Vaugh, L, "Finite Axiomatizability Using Additional Predicate", *The Journal of Symbolic Logic*, 23, 1958 pp 289-308

Hintikka, J. "Ramsey Sentences and the Meaning of Quantifiers", *Philosophy of Science*, 65, 1998: 289-305

Kukla, A, *Studies in Scientific Realism*, Oxford University Press, New York, 1998

Maxwell, G, "Structural Realism and the Meaning of Theoretical Terms", *Analyses of Theories and Methods of Physics and Psychology*, Minnesota Studies in the Philosophy of Science, vol. 4., Minneapolis, University of Minnesota Press, 1970

Niiniluoto, I, *Critical Scientific Realism*, Oxford Clarendon Press, 1999

Psillos, S. *Scientific Realism: How science tracks truth*, cap. 3, Routledge, London, 1999.

Tuomela, R. *Theoretical Concepts*, Springer-Verlag, New York- Wien, 1973

Worrall, J. "Structural Realism: the Best of Both Worlds?", *Dialectica*, 43: 99-124, 1989