

# Inconsistencias en la Ciencia y Estructuras Parciales

Miquel MOLINA OLTRA

Universitat de València

En la historia de la ciencia encontramos algunos episodios en donde ciertas teorías encierran inconsistencias en sus planteamientos. Estas inconsistencias suelen aflorar en el proceso de construcción y no siempre son reconocibles. A pesar de lo extraño que pueda parecer la aceptación de estas teorías que presentan inconsistencias es una práctica habitual en el desarrollo científico. Algunos ejemplos de éstas son: el modelo atómico de Bohr, la formulación original del cálculo o la conjunción entre la mecánica cuántica y la teoría de la relatividad general. En el caso particular del modelo atómico de Bohr se postula que los electrones se disponen en órbitas circulares estacionarias alrededor del núcleo. Sin embargo, según la propia teoría, al ser partículas cargadas y moverse éstos a gran velocidad deberían irradiar ondas electromagnéticas con la consecuente pérdida de energía. Debido a ello los electrones perderían energía gradualmente y, finalmente, caerían en espiral al núcleo. Dicha consecuencia presenta una de las mayores inconsistencias en el desarrollo de un modelo que intenta representar la estructura atómica. A pesar de ello, el modelo planteó con éxito la cuantificación de las órbitas. Hoy sabemos que las inconsistencias en dicho modelo surgen de combinar nociones clásicas y nociones cuánticas que en aquel tiempo estaban desarrollándose. Estas inconsistencias fueron aceptadas y el modelo atómico de Bohr siguió su proceso de construcción sufriendo continuas modificaciones que dieron lugar a nuevos modelos del átomo cada vez más amplios y precisos. Al modelo atómico de Bohr le sucedieron el modelo atómico de Sommerfeld, el modelo atómico de Schrödinger y, finalmente, el modelo que utiliza la física en la actualidad, el Modelo Estándar de física de partículas.

El problema a la que se enfrenta la filosofía de la ciencia es estudiar la racionalidad de dicha práctica. Ante esta situación podemos responder de dos modos. La primera es descartar la racionalidad de dichas propuestas, y en última estancia, la racionalidad de la ciencia. En tanto que no podemos tomar como racional la aceptación de un conjunto de proposiciones inconsistentes su racionalidad quedaría en entredicho y, en el peor de los casos, descartada. La segunda opción es descartar que la aceptación de teorías siga una lógica clásica y adoptar una nueva lógica donde las inconsistencias puedan incluirse como racionales. Siguiendo esta idea, podríamos argumentar que la lógica de la aceptación científica no es la lógica clásica sino lógica paraconsistente y es, mediante este tipo de lógica, como puede conseguirse reconciliar la aceptación de un conjunto de creencias inconsistente con la presupuesta racionalidad de la empresa científica. Esta segunda vía es la que utilizan autores como Otávio Bueno, Newton Da Costa y Steven French en su propuesta de estructuras parciales y que analizaremos a continuación. Nótese que la consistencia no es una condición suficiente de racionalidad. Podemos creer en un sistema de creencias perfectamente consistente y que, a su vez, sea completamente irracional. Ahora bien, “el aceptar teorías inconsistentes o teorías que son mutuamente inconsistentes no implica que lo aceptemos todo” (da Costa, Newton y French, Steven 2003, 100). Bajo la lógica paraconsistente pueden describirse teorías inconsistentes cuyo grado de inconsistencia sea tal que no valga la pena su creencia en ellas. Por ejemplo, una teoría que posea el axioma  $p \leftrightarrow \sim p$ . Desde el punto de vista de una lógica paraconsistente, aquello que hay que evitar en las teorías es que sean triviales. Las teorías triviales no presentan ninguna base para su creencia ya que de ellas todo puede expresarse en su lenguaje. Recordemos que la lógica clásica se trivializa con cualquier contradicción, es decir, si una contradicción se añade a la lógica clásica, entonces el sistema resultante es trivial. Pero la lógica paraconsistente no se trivializa tan fácilmente. (Bueno, 2007, 664) Las inconsistencias pueden ser incorporadas sin trivializar el sistema. Además, el campo de acción de la lógica paraconsistente es más amplio y permite reproducir las usuales teorías de lógica y matemáticas dentro de estos sistemas paraconsistentes. Así pues, la propuesta de las *Estructuras Parciales (EP)* desarrollada por Steven French, Newton Da Costa, Otávio Bueno y James Ladyman entre otros, intenta reconciliar las inconsistencias en el desarrollo de las teorías con la racionalidad de las mismas.

A continuación presentaremos qué entendemos por estructura parcial. Una estructura parcial es un par ordenado de la forma:  $A = \langle D, R_i \rangle$  donde  $D$  es un conjunto no vacío que representa el conjunto de objetos de nuestro dominio de conocimiento y cada  $R_i$  es una relación parcial que representa las relaciones que se establecen entre los elementos de  $D$ . Ahora bien, normalmente nos encontramos que no sabemos si todos los objetos de  $D$  cumplen las relaciones  $R_i$ . Tal vez, no todos los elementos de  $D$  satisfacen dichas relaciones o no sabemos con certeza si se dan. Nótese que la incertidumbre sobre tales relaciones es puramente epistémica y no ontológica. Es de este modo en el que se muestra la parcialidad de nuestra información sobre los objetos de nuestro dominio de conocimiento. La parcialidad de la estructura muestra nuestra limitación a la hora de conocer los objetos y las relaciones que se establecen entre ellos. Además, una relación parcial puede devenir en una total si se dispone de más información para un dominio de conocimiento dado.

Como ya hemos adelantado, una relación parcial  $R_i$  sobre  $D$  es una relación que puede o puede no estar definida para todos los  $n$ -uplas de elementos de  $D$ . De este modo, cada relación parcial  $R$  puede verse como un triplete ordenado  $\langle R_1, R_2, R_3 \rangle$  donde  $R_1, R_2, R_3$  son conjuntos mutuamente disjuntos tal que  $R_1 \cup R_2 \cup R_3 = D_n$ . Encontramos que  $R_1$  es el conjunto de  $n$ -uplas que (nosotros tomamos que) pertenecen a  $R$ ,  $R_2$  es el conjunto de  $n$ -uplas

que (nosotros tomamos que) no pertenecen a  $R$  y  $R_3$  es el conjunto de  $n$ -uplas que no está definido si pertenecen o no a  $R$ . Nótese que la parcialidad descansa de forma esencial en  $R_3$  ya que, si este conjunto es vacío, entonces tenemos una estructura total ya que en ese caso tendríamos de todas las relaciones posibles y no posibles entre los elementos de  $D$ . Es decir, tendríamos definidas las relaciones que se dan entre los elementos de  $D$  que englobamos bajo el conjunto  $R_1$  y las relaciones que no se dan englobadas bajo  $R_2$ .

Por otro lado, la propuesta de las estructuras parciales permite desarrollar bajo su marco teórico una noción parcial de verdad que los autores denominan *cuasi-verdad*. La noción de cuasi-verdad o verdad parcial se apoya en la definición que hace Tarski de la verdad. Sin embargo, la definición tarskiana de verdad se realiza para estructuras completas con lo que debemos introducir un elemento puente que nos permita conectar dicha definición con nuestras estructuras parciales. Estos elementos serán las *A-estructuras normales*. Estas estructuras completas desempeñan dos funciones fundamentales: la primera, permitir la conexión de las estructuras parciales con la definición de verdad de Tarski, la segunda, presentar una interpretación de un lenguaje dado y, en términos de éste, caracterizar nociones semánticas básicas. Otávio Bueno y Newton da Costa la presentan del siguiente modo:

La *A-estructura normal* que llamaremos  $B$  será también un par ordenado  $B = \langle D', R'_i \rangle_{i \in I}$ . Se caracterizará por i) compartir el conjunto de objetos, es decir,  $D = D'$ , ii) si  $c$  es una constante individual, entonces  $c$  es interpretado como el mismo elemento en  $A$  y  $B$ , iii)  $R'_i$  extiende la correspondiente relación  $R_i$  (Bueno, Otávio y da Costa, Newton, 2007, 388)

Nótese en este punto que ahora  $R'$  es definida para todos las  $n$ -uplas de  $D'$ . A pesar de estar definida,  $R'_i$  vale para algunos (los componentes de  $R'_1$ ) y no vale para otros (los componentes de  $R'_2$ ).

El primer problema que se presenta es que existen demasiadas extensiones posibles de las relaciones parciales  $R_i$  que constituyen una estructura normal  $A$ . Es necesario imponer algunas restricciones. Para ello necesitamos introducir un tercer elemento a la estructura parcial: un conjunto de proposiciones aceptadas  $P$  que presentan la información aceptada del dominio de la estructura tales como leyes empíricas, teorías o sentencias observacionales. Se exige a su vez que el conjunto formado por las proposiciones que formamos a partir de las relaciones  $R_i$  y las proposiciones aceptadas  $P$  sea consistente. De este modo, las proposiciones aceptadas  $P$  limita la forma en que una estructura parcial puede extenderse. Nuestra estructura parcial se convierte ahora en una estructura pragmática caracterizada por la siguiente terna:  $A = \langle D, R_i, P \rangle_{i \in I}$  donde  $D$  es un conjunto no vacío,  $(R_i)_{i \in I}$  es un familia de relaciones parciales definida sobre  $D$  y  $P$  es un conjunto de proposiciones aceptadas.

Podemos ahora definir la noción de verdad pragmática o cuasi-verdad del siguiente modo:

Una proposición  $\alpha$  es cuasi-verdadera en  $A$  de acuerdo con  $B$  si: i)  $A = \langle D, R_i, P \rangle_{i \in I}$  es una estructura pragmática, ii)  $B = \langle D', R'_i \rangle_{i \in I}$  es una estructura normal, y iii) es verdadera en  $B$  (en sentido tarskiano). Por tanto, decimos que una proposición  $\alpha$  es cuasi-verdadera si hay una estructura pragmática  $A$  y una correspondiente *A-estructura normal*  $B$  tal que  $\alpha$  es verdadera en  $B$  (de acuerdo con el sentido tarskiano). De lo contrario,  $\alpha$  es cuasi-falsa (Bueno, Otávio, 2008, 228).

Nótese que en tanto la estructura parcial  $A$  puede ser extendida de muchos modos, la proposición  $\alpha$  puede no ser verdadera de acuerdo con algunas de estas extensiones y la veracidad de la proposición depende de la posible extensión de la estructura. Nótese que una proposición verdadera es cuasi-verdadera pero no al contrario. Una proposición cuasi-

verdadera no tiene por qué ser verdadera ya que pueden existir extensiones de  $A$  donde la proposición sea falsa. Debido a esto, la noción de cuasi-verdad es estrictamente más débil que la noción de verdad.

Los autores sugieren que podemos interpretar la noción de estructura pragmática como el concepto del como si, es decir, si consideramos una proposición pragmáticamente verdadera podemos decir que describe el dominio particular bajo consideración como si su descripción fuera verdadera. De este modo, cierta proposición  $s$  será verdad dentro de cierta estructura o modelo que represente una porción de la realidad. Igualmente, una teoría cuasi-verdadera no intenta describir completamente el dominio al cual refiere sino solo a una parte del mismo, a un aspecto de éste.

Veamos un ejemplo que ilustra el uso de la cuasi-verdad. La mecánica newtoniana se comporta de forma aceptable dentro de un marco restringido, a saber, aquel donde la velocidad de los cuerpos no sea cercana a la velocidad de la luz, los cuerpos no están expuestos a fuertes campos gravitatorios, etc... Fuera de este marco la mecánica newtoniana falla y necesitamos de la teoría de la relatividad para describir la física de estos cuerpos. A partir de lo expuesto podemos considerar que la mecánica newtoniana es cuasi-verdadera, es decir, es verdadera en un contexto dado. Ésta estará determinada por una estructura pragmática y una correspondiente *A-estructura normal*.

¿Cómo ayuda la propuesta de las estructuras parciales a lidiar con el problema de las inconsistencias en la construcción de teorías? La clave reside en entender las inconsistencias de un modelo o teoría como aquellos elementos y relaciones de la misma que no se comprenden del todo. Por ejemplo, el estado estacionario en el modelo de Bohr puede considerarse como una de las relaciones entre los elementos del modelo que no se comprendían del todo a la hora de elaborar el modelo. De este modo, la teoría inconsistente se describe como una estructura parcial y sus inconsistencias se sitúan en el apartado  $R_3$  que es aquel que recoge aquellas relaciones que no sabemos si pertenecen o no a  $R$ . Conforme se desarrolle la teoría, se planteen extensiones a las estructuras parciales originalmente propuestas para la descripción del mundo cuántico y se encuentren teorías sucesoras, las relaciones  $R_3$  acabarán cayendo finalmente del lado de  $R_1$  o  $R_2$ .

Es interesante aclarar que incorporar los sistemas inconsistentes a la descripción de la empresa científica no significa asumir un dialeatismo, es decir, no se aboga por la existencia de objetos inconsistentes o, lo que es equivalente, objetos que presentan propiedades inconsistentes. Los autores defienden que “las representaciones inconsistentes, a pesar de ser posibles, no representan objetos inconsistentes, en tanto que estas representaciones no son verdaderas” (French, Steven and Bueno, Otávio, 2011, 866). Las teorías inconsistentes no representan objetos inconsistentes sino que son representaciones imprecisas, o en términos de la propuesta, son representaciones parciales de objetos consistentes. De nuevo, la parcialidad no es de carácter ontológico sino epistémico. Las teorías sucesoras deberán subsanar estas inconsistencias. Las teorías inconsistentes son teorías en construcción y la lógica paraconsistente nos permite contemplar estas teorías como estadios intermedios de futuras teorías consistentes. Es por ello que las teorías inconsistentes no se consideran verdaderas sino que se consideran cuasi-verdaderas. Una consecuencia interesante de ello es que las inconsistencias sirven de balizas heurísticas para el progreso científico y señalan hacia donde deben seguir las futuras investigaciones. “La propuesta de la cuasi-verdad acomoda la naturaleza transitoria de dichas inconsistencias como fuerzas heurísticas que empujan a los científicos a encontrar [teorías] sucesoras consistentes” (French, Steven and Bueno, Otávio, 2011, 860).

## Conclusión

La propuesta de las *EP* se enmarca dentro de la concepción semántica y estudia las teorías desde un punto de vista diacrónico. En este sentido, la aceptación de las inconsistencias está supeditada al desarrollo continuo del modelo y a la futura subsanación de dichas inconsistencias. Las *EP* permiten realizar distintas caracterizaciones de teorías y estudiar su evolución a lo largo de la historia. Esta perspectiva diacrónica permite no solo salvar la racionalidad de la ciencia a pesar de las inconsistencias que sus teorías pueden encerrar en un periodo de tiempo sino también explicar el carácter abierto de la empresa científica. Además, la noción de cuasi-verdad permite reenfocar el problema de la aceptación de teorías. La filosofía de la ciencia se ha decantado en el pasado por un modelo dicotómico de aceptación/rechazo que raramente se observa en la empresa científica. Las inconsistencias en los modelos y teorías se muestran claramente como partes defectuosas de una teoría en construcción e inacabada. En tanto que el científico es consciente de dicho proceso inacabado el compromiso con la verdad de la teoría no puede ser completo o definitivo sino tan solo provisional. No olvidemos que los mecanismos de idealización toman un protagonismo central en el desarrollo de teorías. En ellos el científico opta por modificar las relaciones que mantienen los objetos con el fin de simplificar la realidad y poder modelar otras relaciones. Esta idealización no es una proposición con la cual el científico se compromete al 100%, es decir, el científico realmente cree que la realidad es otra pero la modifica, la simplifica, para poder modelarla. Por ejemplo, los electrones se suponían como cargas puntuales a principios del siglo XX cuando los propios científicos creían que en realidad eran extensas. Estas idealizaciones pueden desembocar en futuras inconsistencias del modelo o teoría. Sin embargo, el científico es plenamente consciente de la provisionalidad de dicha idealización y, por tanto, de la inconsistencia que aflora de ella por lo que no supone en la mayoría de los casos un problema de gravedad insalvable (Vickers, 2013, 231). Desde nuestro punto de vista la propuesta de las estructuras parciales consigue con éxito clasificar los elementos de las teorías y las relaciones que se establecen entre ellos, realizar un estudio diacrónico de las teorías y detectar y clasificar las inconsistencias que puedan aparecer como parte del proceso de construcción sin que por ello descartemos la racionalidad de la empresa científica.

## Bibliografía

- Bueno, Otávio (2007), “Troubles with Trivialism”, *Inquiry* 50, pp. 655-667
- Bueno, Otávio (2008), “Structural Realism, Scientific Change, and Partial Structures”, *Studia Logica* 89, pp. 213-235
- Bueno, Otávio y da Costa, Newton (2007), “Quasi-Truth, Paraconsistency, and the Foundations of Science”, *Synthese* 154, pp. 383-399.
- Bueno, Otávio y French, Steven (2011), “How Theories Represent”, *British Journal for the Philosophy of Science* 62, pp.857-894.
- Da Costa, Newton y French, Steven (2003), *Science and Partial Truth*, Oxford University Press, New York.
- Vickers, Peter (2013), *Understanding Inconsistent Science*, Oxford University Press, New York.

