

# La incierta frontera entre teorías científicas y programas metafísicos de investigación

**The Vague Borderland between Scientific Theories and Metaphysical Research Programs**

---

Juan Arana<sup>◆</sup>  
Universidad de Sevilla-España

Recibido: 2014-05-16

Enviado a pares: 2014-05-17

Aceptado por pares: 2014-06-04

Aprobado: 2014-06-15

Pensamiento y Cultura | ISSN: 0123-0999 | eISSN: 2027-5331

pensam.cult | Vol. 17-1 | Junio de 2014 | pp. 6-19

DOI: 10.5294/pecu.2014.17.1.1

## **La incierta frontera entre teorías científicas y programas metafísicos de investigación**

**Resumen:** En este artículo se examina la doctrina de Karl Popper sobre los “programas metafísicos de investigación”, valorando el alcance que tiene dentro de su epistemología. También se estudia la posibilidad de delimitar con exactitud esta nueva figura de las teorías metafísicas tradicionales, y se llega a una conclusión pesimista al respecto.

**Palabras clave:** Programa metafísico de investigación, epistemología, filosofía de la ciencia.

## **The Vague Borderland between Scientific Theories and Metaphysical Research Programs**

**Abstract:** This article examines the doctrine on "Metaphysical Research Programs" by Karl Popper, assessing the range it has in his epistemology. The ability to accurately define this new figure of traditional metaphysical theories is studied. The conclusion reached is pessimistic.

**Key words:** Metaphysical Research Programs, epistemology, philosophy of science.

El problema de la demarcación entre ciencia y filosofía –o, si se quiere, entre ciencia y metafísica– ha sido al mismo tiempo uno de los más fructíferos y estériles que se ha planteado la epistemología. Estéril, porque debe reconocerse que no ha sido capaz de establecer un criterio fiable y mayoritariamente aceptado para trazar las fronteras que circunscriben la racionalidad científica y la diferencian de cualquier otra. Fructífero, porque ha dado lugar a infinitas discusiones, propuestas, polémicas y en definitiva se ha convertido en un estímulo desencadenante de muchas otras investigaciones.

Por consiguiente, contemplamos aquí un paisaje con claroscuros. Las partes más sombrías nos hacen pensar en un tejer y destejer, en la necesidad de reabrir una y otra vez cuestiones que antes habían sido dadas por definitivamente resueltas. Dogmatismo y escepticismo son los dos polos entre los que oscila el espíritu crítico, y desalienta comprobar que no hay modo de descansar en los puntos extremos, ni tampoco se consigue encontrar un equilibrio estable entre ellos. En el artículo de 1973 *Ciencia y pseudociencia*, incluido luego en el libro *La metodología de los programas de investigación científica*, Imre Lakatos hacía balance de este vaivén acaso sin término: “del mismo modo que algunos ex-justificacionistas dirigieron más tarde la marea del irracionalismo escéptico, ahora algunos ex-falsacionistas dirigen la nueva corriente del irracionalismo escéptico y del anarquismo” (Lakatos 1983,121). Un destino ineluctable hace que todas las propuestas epistemológicas tengan que complicarse y retorcerse hasta volverse inverosímiles, como ocurre con el falsacionismo, del que este mismo autor distingue una versión dogmática, otra metodológica ingenua y una tercera sofisticada. En alas de estos matices distingue hasta tres Poppers, el primero de los cuales “nunca publicó una sola palabra” (Lakatos 1983, 123). En definitiva, la tendencia natural apunta hacia un enmarañamiento creciente, de manera que acaba habiendo no ya tantas opiniones como cabezas pensantes, sino bastantes más. Se entiende y casi se comparte la opinión expresada por Roger Penrose de que “los filósofos tienden a ocuparse de sus propias controversias internas” (Penrose 1996, 229).

Como no reniego de mi condición de filósofo asumo que de un modo u otro acabaré incurriendo en el mismo vicio. Pero procuraré posponerlo todo lo posible. Este trabajo se inscribe en una discusión sobre “Límites

de la ciencia”. Tanto el positivismo del siglo XIX como el neopositivismo del XX partían de la idea de que la ciencia monopoliza el conocimiento sustantivo de la razón, ya que para ellos la filosofía podría a lo sumo ejercer funciones crítico-reflexivas. Incluso en este último caso la situación no dejaba de ser conflictiva, ya que la propia ciencia contiene una dimensión autocrítica, de manera que no está nada claro para qué sirve una reflexión que hace abstracción de los contenidos. Como saberes puramente formales ya están la lógica y acaso la matemática. Habría, según el supuesto contemplado, ciencias que se ocuparían de las puras formas del pensamiento y ciencias positivas, cuyo acceso a la realidad se verificaría a través de la experiencia. La filosofía quedaría como un residuo del pasado, cuando se confiaba en la legitimidad de “otras” vías de acceso a la verdad, o bien como un ámbito de discusión interdisciplinar, conveniente en la medida que no se haya alcanzado todavía la unificación definitiva de la ciencia. El postulado de la unidad del conocimiento es un ideal que la mayoría considera bueno y deseable, pero muy pocos han intentado propiciarlo con todas sus consecuencias, al menos desde la muerte de Christian Wolff para acá. Lo usual ha sido escindir el mundo de las representaciones y el mundo real (o incluso el propio mundo real), en esferas separadas, de acuerdo con el modelo kantiano u otro comparable. Las estrategias demarcacionistas suelen apartar a un lado este asunto, típicamente filosófico, e intentan cartografiar el territorio de la ciencia, donde se supone que la razón ejercita con plenitud sus prerrogativas. Todo lo demás se arroja a las “tinieblas exteriores”, donde se agolparían las más dispares creaciones de la mente humana: desde la metafísica a la magia, pasando por la quiromancia y la ufología.

En este contexto Karl Popper representa una excepción, ya que desde el principio manifestó que su demarcación no era agresiva y estaba lejos de pretender igualar a la baja todo lo que no fuera ciencia:

Tal y como primero se me ocurrió, el problema de la demarcación no era el problema de demarcar la ciencia de la metafísica, sino más bien el problema de demarcar a la ciencia de la pseudociencia. En aquel tiempo no estaba en absoluto interesado por la metafísica. Fue sólo más tarde cuando extendía a esta última a mi “criterio de demarcación” (Popper 1977, 55).

Varias veces ha relatado que su intención era objetivar la distancia que hay entre la ciencia y las doctrinas de los “falsos profetas” Marx y Freud, ya que algunas experiencias personales le llevaron a cuestionar la solvencia de la teoría marxista de la historia y el psicoanálisis (Popper y Kreuzer 1984, 13-8). Lo que él quería por consiguiente no era un criterio para reconocer *lo científico*, sino solamente *lo racional*. La falsabilidad, ya sea en la versión que Lakatos denomina dogmática, ya sea la metodológica, le sirvió para efectuar este primer deslinde. Más tarde tuvo que refinarlo, porque necesitaba especificar lo científico dentro de las otras formas de racionalidad (muy en particular la metafísica). Entonces entraron en juego todas las matizaciones comentadas, pero también el primitivo criterio tuvo que ser reformulado, ya que si la falsabilidad pura y dura no sirve para reconocer los límites de la ciencia positiva, tampoco permite aclarar suficientemente las fronteras que separan la racionalidad metacientífica de las falsas ciencias. En cierto modo Popper dio un paso atrás, ya que el mordiente de su primitiva propuesta se diluyó en la más genérica y ambigua noción de lo susceptible de discusión racional:

Si no es necesario evitar las contradicciones, entonces se vuelve imposible toda crítica y discusión, puesto que la crítica siempre consiste en señalar las contradicciones, ya sea dentro de la teoría criticada o entre ella y algunos hechos de la experiencia. Lo mismo sucede con el psicoanálisis: el psicoanalista siempre puede explicar cualquier objeción demostrando que esta se debe a las represiones del crítico. Y los filósofos del significado no tienen más que señalar, a su vez, que lo que sostienen sus adversarios carece de sentido. En forma semejante, los marxistas suelen atribuir la disidencia de un adversario a un prejuicio de clase y los sociólogos del conocimiento a su ideología total. Estos métodos son a la vez fáciles de manejar y ricos en satisfacciones para quienes los esgrimen. Pero es evidente que destruyen la base de la discusión racional y deben conducir, finalmente, al antirracionalismo y al misticismo (Popper 1984, 384-5).

Como recuerda en su autobiografía intelectual, anteriormente “no me había percatado de que una posición metafísica, aunque no fuese contrastable, podía ser racionalmente criticable o argüible” (Popper 1977, 200-1).

Utilizando la terminología leibniziana, cabría decir que Popper defiende una concepción monádica de la racionalidad y trata de cerrar cualquier ventana de comunicación con el contaminado ambiente externo. Pero la ciencia no está sola dentro de esa esfera de sentido. Y no lo está porque ella misma es una realidad abierta, en progreso, cuyo contorno exterior se agranda sin cesar. A veces también atraviesa etapas de contracción. La ciencia tiene un carácter temporal, como todo lo humano: no es una entidad parmenidea, sino que fluctúa entre el antes y el después, entre lo que no fue y lo que todavía no es. ¿Dónde estaban las teorías de la gravitación antes de Newton y Einstein? ¿Dónde están las teorías que llegarán a ser a lo largo del siglo XXI y las que vendrán después? Estas consideraciones parecen chocar con el peculiar platonismo de Popper y su *Mundo 3*, pero conviene tener en cuenta que en la ciencia coexiste una dimensión de objetividad pura con el hecho de ser una construcción viva en la que interactúan el *Mundo 1* y el *Mundo 3* a través de la instancia psicológica representada por el *Mundo 2*. De acuerdo con la posición madura de Popper, la ciencia y la pseudociencia están o deberían estar separadas por una barrera infranqueable; mientras que entre la metafísica y la ciencia hay una membrana permeable que permite a la ósmosis hacer su trabajo. Precisamente este es el contexto donde desempeña un papel importante el concepto de “programa metafísico de investigación”<sup>1</sup>:

En ciencia, las situaciones de los problemas son el resultado, por lo general, de tres factores. [...] El tercero, y quizá el más importante, es la relación entre la teoría y lo que puede llamarse “el programa metafísico de investigación”. [...] Con el uso de este término quiero llamar la atención sobre el hecho de que en casi todas las fases del desarrollo de la ciencia estamos bajo el dominio de ideas metafísicas, es decir, incontrastables; ideas que determinan no sólo qué problemas explicativos decidiremos acometer, sino también qué tipos de respuestas consideraremos adecuadas o satisfactorias o aceptables,

---

1 Según Popper, utilizó este término en sus conferencias a partir de 1949 y apareció impreso por primera vez en 1958. Los “programas científicos de investigación” constituirían una versión atenuada del concepto popperiano. Véase Popper 1977, 201.

como perfeccionamiento o avance sobre respuestas anteriores. [...] Llamo *metafísicos* a esos programas también porque son el resultado de concepciones generales sobre la estructura del mundo y, al mismo tiempo, de concepciones generales sobre la situación de los problemas en la cosmología física. Los llamo *programas de investigación* porque incorporan, junto con una perspectiva de cuáles son los problemas más urgentes, una idea general de cuál sería una solución satisfactoria a esos problemas. [...] Pueden describirse como física especulativa o quizá como anticipaciones especulativas de teorías físicas contrastables. (Popper 1985b, 176-7)<sup>2</sup>.

Popper proporciona una lista de programas referentes a la física. La integran el modelo del universo-bloque de Parménides, el atomismo, la cosmología geometrizarante de Platón, Eudoxo y Euclides, el esencialismo y potencialismo, la física renacentista (Copérnico, Bruno, Kepler, Galileo), el modelo del mundo como reloj (Hobbes, Descartes, Boyle), el dinamismo de Newton y Leibniz, los campos de fuerzas (Faraday, Maxwell), la teoría unificada de campos (Riemann, Einstein, Schrödinger) y la interpretación estadística de la teoría cuántica (Born) (Popper 1985b, 178-80). En otros lugares desarrolla la idea de que el darwinismo constituye también un programa metafísico de investigación (Popper 1977, 225-42). Es llamativo a este respecto que la más relevante predicción empíricamente constatable de la teoría de la selección natural, la *gradualidad*, haya sido y siga siendo su punto más controvertido desde que Kelvin argumentó sobre la edad de la Tierra, pasando por el mutacionismo, hasta la teoría del equilibrio puntuado o la teoría neutralista de Kimura (Arana 2012, 239-44).

Una primera valoración de la propuesta popperiana tendrá en cuenta que se trata de un demarcacionismo no exclusivista, puesto que no pretende identificar el conocimiento racional con la ciencia: lo que intenta es deslindar con la mayor nitidez posible la ciencia de la pseudociencia. En su primera versión también es una solución parcial, por no decir incompleta: no sirve para distinguir con claridad la ciencia de otros modos legítimos de ejercer la razón. Para ello hay que aportar un

---

2 Véase Popper 1985a, 171-86.

segundo criterio de demarcación, o bien precisar el primero de un modo más restrictivo. ¿Cómo? La coherencia y la contrastabilidad empírica servirían para reconocer la metafísica y/o los programas metafísicos de investigación, mientras lo que Lakatos llama *falsacionismo metodológico* (ingenuo o sofisticado) acaba de filtrar el *corpus* teórico de la razón para objetivar lo que propia y legítimamente forma el cuerpo de la ciencia. Esta segunda posibilidad tiene el atractivo de que se preservaría el ideal de la unidad del conocimiento –si bien de un modo laxo–, ya que entre metafísica, etc. y ciencia habría una relación análoga a la que existe entre el lenguaje natural y un lenguaje especializado. El inconveniente –o, según la óptica adoptada, la virtud– de esta interpretación es que cualquier otra forma de conocimiento racional no científico se transforma en una propedéutica de la ciencia. Si en tiempos se concebía la filosofía como *ancilla theologiae*, ahora hay que considerarla *ancilla scientiae*. La novedad frente a los positivismos es que el auxilio proporcionado a la ciencia ya no estaría en el terreno formal o reflexivo, sino en el material o sustantivo, a título de complemento heurístico y exploratorio. Como la vanguardia de un ejército, la filosofía se adentraría en regiones ignotas, asumiendo riesgos que la condenarían con frecuencia al fracaso, aunque sus fracasos constituirían una condición de posibilidad para los éxitos posteriormente alcanzados por la ciencia.

No obstante, hay otra alternativa: el papel subsidiario que la metafísica pueda desempeñar con respecto a la ciencia es compatible con su propia autonomía a la hora de desarrollar proyectos cognitivos que estarían ordenados a otros fines y no requerirían ser acreditados a cambio de la ayuda que puedan prestar a la invención y desarrollo de teorías científicas. Esto vale no sólo para la metafísica en general, sino también para los programas metafísicos de investigación, aun cuando en estos últimos las funciones heurísticas estén siempre necesariamente presentes. Para el científico el mayor interés de esos programas es instrumental, pero para los que no están directamente involucrados en la investigación tiene tanta o mayor importancia su aptitud para gestionar la interdisciplinariedad. Gracias a ellos las teorías metafísicas tienen derecho a reivindicar sentido y hasta verdad, aun cuando se acepte que,

de acuerdo con la caracterización popperiana, son incontrastables. Al fin y al cabo, su capacidad heurística les proporciona una *contrastabilidad indirecta*, porque resulta difícilmente cuestionable otorgar a los sistemas metafísicos parte la verosimilitud alcanzada por las teorías científicas que ayudaron a desarrollar.

Creo que es legítimo llegar más lejos todavía, de manera que si los sistemas filosóficos dan lugar a programas metafísicos de investigación científica, las propias teorías científicas pueden originar como contrapartida “programas científicos de investigación metafísica”. Esta afirmación es algo más que una extrapolación especulativa. La obra de Popper ofrece convincentes indicios de que el interés por la metafísica fue haciéndose con los años menos pragmático y más sustantivo, hasta convertirse en uno de los motores principales de su pensamiento. Al hacer balance de su trayectoria reconoció que problemas tales como el infinito o el esencialismo estuvieron en el meollo de sus preocupaciones juveniles (Popper 1977, 21-5). Popper siempre se ubicó en las antípodas del convencionalismo de Duhem y Poincaré, y por eso la distinción entre física y metafísica se va haciendo más problemática a medida que nos acercamos a los confines de ambas disciplinas. La relación entre buena metafísica y buena ciencia es recíproca, y ello explica sus forcejeos con Boltzmann y Schrödinger a propósito del idealismo (Popper 1977, 181-5, 209-17), con Einstein a propósito del determinismo (Popper 1977, 171-7), y con Bohr y Heisenberg a propósito del subjetivismo (Popper 1985, 138-59). Ilustraré estos procedimientos con algunas muestras de su enconada oposición a la Interpretación de Copenhague de la mecánica cuántica:

Heisenberg empezó, en su intento por asentar la teoría atómica sobre una nueva base, con un programa epistemológico: el de librar a la teoría de “inobservables”, esto es, de magnitudes inaccesibles a la observación experimental; podríamos decir, el de librarla de elementos metafísicos. [...] Heisenberg no ha conseguido llevar a cabo por completo su programa, ya que esta situación tolera solamente dos interpretaciones. La primera [...] considera que el principio de incertidumbre es una limitación de nuestro conocimiento, y, por tanto, es

*subjetiva*. La otra interpretación posible es *objetiva*, [...] pero] si aceptamos esta interpretación, entonces el formalismo de la teoría vuelve a contener elementos metafísicos [...] Hasta ahora, Heisenberg no ha realizado la tarea que se había propuesto: no ha purgado aún su teoría cuántica de sus elementos metafísicos (Popper 1971, 203-7).

Personalmente estoy en desacuerdo con la crítica de Popper a Heisenberg, pero lo que me interesa destacar –y en eso sí doy la razón a Popper– es que cualquier científico que tenga ambición teórica tiene que elegir entre la compañía de una metafísica buena, mala o regular, pero prescindir de toda metafísica es para él tan imposible como privar a un ferrocarril del último vagón.

Es innecesario espigar en los textos del último Popper para buscar refrendo a la interpretación esbozada. La falsabilidad es en *La lógica de la investigación científica* la piedra de toque para otorgar el marchamo de “científica” a una teoría. Pero dicha propiedad es *fáctica*, depende de las disponibilidades técnicas de un momento histórico dado, o de la habilidad de los teóricos para encontrar un camino desde sus conceptos hasta lo observable. También depende del grado de generalidad de la teoría y de hasta dónde pretenda ahondar en lo real: cuanto más abarcativa y profunda sea la teoría, más difícil será someterla a contrastación empírica. Muchas de ellas jamás podrán ser sometidas a un experimento crucial, y retendrán para siempre un carácter netamente especulativo. Otras dejarán de serlo a partir de un momento dado. Por ejemplo, cualquier afirmación acerca de la cara oculta de la luna era “metafísica” hasta que en 1959 el satélite *Luna 3* la fotografió por primera vez. Parece que para someter a contrastación empírica la teoría de cuerdas habría que construir un acelerador que no cabría dentro del sistema solar (Smolin 2007). Mucho me temo que eso la convierte para siempre en “metafísica”, y con tanta más razón son metafísicas las hipótesis de los multiversos, para las que nadie ha podido imaginar un procedimiento observacional de falsación válido (Soler 2012). ¿Por qué se aceptan artículos sobre esas nociones en las revistas de física y cosmología, y no sobre el intelecto agente de Aristóteles o la Voluntad de Schopenhauer? Mucho me temo que, aparte de

la posibilidad de aplicar formalismos matemáticos y emplear nociones de uso en teorías reconocidas como científicas, son más bien circunstancias socio-históricas las que han llevado a situar todas estas elaboraciones teóricas en provincias separadas del saber.

Una y otra vez se proponen ciertas sugerencias –conjeturas, o teorías– de todos los niveles posibles de universalidad; las teorías que se encuentran en un nivel de universalidad demasiado elevado, como si dijéramos (esto es, demasiado lejos del nivel alcanzado por la ciencia que en aquel momento es susceptible de contrastación), darán lugar, quizá, a un “sistema metafísico”. En este caso, incluso si son deductibles enunciados que pertenecen al sistema científico vigente (o sólo semideductibles, como, por ejemplo, en el sistema de Spinoza), entre ellos no se encontrará ningún enunciado contrastable *nuevo*: lo cual quiere decir que no podrá idearse ningún experimento crucial con el que someter a contraste el sistema en cuestión. Pero si, por el contrario, cabe idear un experimento crucial con el fin indicado, el sistema contendrá –al menos como primera aproximación– alguna teoría bien corroborada y, además, alguna otra cosa que quepa contrastar: no será “metafísico”, naturalmente, y cabrá considerarle como un nuevo paso en la evolución casi inductiva de la ciencia. Esto explica por qué, por regla general, sólo las teorías que se proponen con una pretensión de resolver los problemas a la vista en el momento –esto es, las dificultades, contradicciones y falsaciones con que se está enfrentado en el momento– establecen un contacto con la ciencia de la época: al proponer una solución para tales dificultades, tales teorías pueden indicar el camino hacia un experimento crucial (Popper 1971, 258).

Thomas S. Kuhn y muchos otros han demostrado la imposibilidad de utilizar el falsacionismo popperiano en cualquiera de sus versiones como un criterio unívoco de demarcación (Lakatos y Musgrave 1975, 81-111). Los inventores de teorías oponen tenaz resistencia a aceptar deportivamente la falsación de sus criaturas, y muchas veces les asiste la razón. Ello no obsta para que el criterio siga siendo valioso, al menos

como “principio regulativo”. Su vigencia sólo queda arruinada si se insiste en mantener la tesis de la separación tajante y objetiva de la ciencia con respecto a cualquier otra empresa de conocimiento. Ahora bien, a la vista de los pocos resultados que ha dado una indagación de más de dos siglos en torno al problema de la demarcación, dicha tesis se ha convertido en un dogma insostenible. En cambio, la tendencia progresiva de Popper a relativizar dicha separación, sin por ello negarla en redondo, demuestra ser la posición más sensata. Es curioso cómo tuvo la franqueza de recurrir a teorías descaradamente metafísicas precisamente para compensar las insuficiencias de su epistemología:

Porque el realismo metafísico –la concepción de que hay un mundo real a descubrir– resuelve algunos de los problemas que han quedado abiertos con mi solución al problema de la inducción (Popper 1977, 202).

Esta simbiosis de lo ontológico y lo epistemológico es hoy por hoy la alternativa más prometedora para salir de los múltiples callejones sin salida en que ha ido a parar la filosofía de la ciencia cuanto ha querido alcanzar resultados absolutamente rigurosos (Feyerabend 1974, 11-27). Los compromisos ontológicos asumidos en libros como *El yo y su cerebro* o *El universo abierto* son desde luego discutibles, pero esa es precisamente su principal virtud. Correr el riesgo del error es el precio que ha de pagar todo el que quiera tener una mínima oportunidad de acercarse un poco a la verdad. Por haber sabido hacerlo Popper es uno de los pocos filósofos del siglo XX que ha podido hablar de tú a tú a los grandes científicos de su tiempo, en asuntos que iban más allá de cuestiones procedimentales:

Aunque me disgusta la vena subjetivista de la interpretación ortodoxa, aprecio su rechazo del determinismo de Einstein, Schrödinger y Bohm y su rechazo de las teorías deterministas *prima facie* en física; y estoy de acuerdo con la sustancia (aunque apenas con la forma o con el estilo profético –el estilo del determinismo histórico–) de un pasaje de Pauli, tomado de una carta a Born, en la que Pauli rechaza el programa determinista de investigación con las palabras siguientes:

“A pesar de todos los esfuerzos retrógrados (Schrödinger, Bohm y los demás, y, en cierto sentido, también Einstein) estoy seguro de que el carácter estadístico de la función *Psi* y, por tanto, de las leyes de la naturaleza —en el que usted ha hecho hincapié desde el principio mismo, en contra de Schrödinger— determinará el estilo de las leyes al menos durante algunos siglos. Es posible que posteriormente... se encuentre algo enteramente nuevo, pero soñar con una vuelta atrás, al estilo clásico de Newton y Maxwell (y no son nada más que sueños, en lo que esos señores se complacen), eso me parece desesperado, descaminado, de mal gusto. Y podríamos añadir ‘no es siquiera un hermoso sueño’” (Popper 1985, 190).

Pondré punto final a estas reflexiones advirtiendo que la frontera entre teorías científicas y programas metafísicos de investigación es incierta, lo cual más que un defecto de la epistemología de Popper es un acierto, porque en realidad también lo es la frontera que separa la ciencia y la filosofía.

## Bibliografía

- Arana, J. 2012. *Los sótanos del universo. La determinación natural y sus mecanismos ocultos*. Madrid: Biblioteca Nueva.
- Feyerabend, P. K. 1974. “Filosofía de la ciencia: Una materia con un gran pasado.” *Teorema* IV/1: 11-27.
- Lakatos, I. 1983. *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza.
- Lakatos, I. y Musgrave, A. (eds.). 1975. *La crítica y el desarrollo del conocimiento*. Barcelona: Grijalbo.
- Penrose, R. 1996. “La conciencia incluye ingredientes no computables” En *La tercera cultura: más allá de la revolución científica*, editado por J. Brockman, 224-41. Barcelona: Tusquets.
- Popper, K. 1971. *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos.
- Popper, K. 1967. *El desarrollo del conocimiento científico*. Buenos Aires: Paidós.

- Popper, K. 1974. *Conocimiento objetivo*. Madrid: Tecnos.
- Popper, K. 1977. *Búsqueda sin término*. Madrid: Tecnos.
- Popper, K. 1984. *La sociedad abierta y sus enemigos*. Barcelona: Orbis.
- Popper, K. 1985a. *Post Scriptum a la Lógica de la investigación científica*. Vol. I. *Realismo y el objetivo de la ciencia*. Edición de W.W. Bartley III. Madrid: Tecnos.
- Popper, K. 1985b. *Post Scriptum a la Lógica de la investigación científica*. Vol. III. *Teoría cuántica y el cisma de la Física*. Edición de W.W. Bartley III. Madrid: Tecnos.
- Popper, K. 1986. *Post Scriptum a la Lógica de la investigación científica*. Vol. II. *El universo abierto. Un argumento en favor del indeterminismo*. Edición de W.W. Bartley III. Madrid: Tecnos.
- Popper, K. y Kreuzer, F. 1984. *Sociedad abierta, universo abierto*. Madrid: Tecnos.
- Smolin, L. 2007. *Las dudas de la física en el siglo XXI. ¿Es la teoría de cuerdas un callejón sin salida?* Barcelona: Crítica.
- Soler Gil, F. J. 2012. *Discovery or construction? Astroparticle physics and the search for physical reality*. Frankfurt: Peter Lang.