



## MÁS ALLÁ DEL CONSENSO: LOS DESACUERDOS PROFUNDOS ENTRE PARES EPISTÉMICOS COMO MOTOR DEL DESARROLLO CIENTÍFICO

DOI: <https://doi.org/10.4013/con.2026.221.12>

Maiolo Leandro Maximiliano

Universidad de Buenos Aires (UBA), Facultad de Filosofía y Letras, Argentina.

[maximaiolo96@gmail.com](mailto:maximaiolo96@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0007-1901-0363>

### RESUMEN:

Este artículo sostiene que cierto tipo de *desacuerdo profundo* puede desempeñar un rol epistémicamente productivo en el desarrollo científico, aun cuando no conduzca a algún tipo de consenso. Frente al diagnóstico pesimista de Fogelin, se propone un análisis que articula la *metodología de los programas de investigación científica* (PIC) de Imre Lakatos con el pluralismo metodológico de Paul Feyerabend para comprender detalladamente este tipo de controversia. El aporte central consiste en mostrar que los *desacuerdos profundos entre pares epistémicos* en ciencia pueden forzar refinamientos, reajustes y ampliaciones del contenido empírico disponible para los seguidores de un PIC. El argumento se desarrolla a partir del análisis histórico y conceptual del conflicto producido entre la *teoría del enlace de valencia* (EV) y la *teoría de orbitales moleculares* (OM) en química cuántica, caracterizado aquí como un *desacuerdo profundo entre pares epistémicos*. El estudio del caso muestra de qué forma la comparación sistemática entre teorías incompatibles puede aumentar el contenido empírico global, en tanto el programa en fase progresiva impone exigencias explicativas al que atraviesa un cambio recesivo, forzando reajustes en su cinturón protector. Esta dinámica comparativa evita la pérdida del contenido que resultaría de seguir estrategias eliminativistas o dogmáticas al mismo tiempo que posibilita la producción de nuevos avances en ambos programas.

### PALAVRAS-CHAVE:

Desacuerdos Profundos. Desacuerdos entre pares epistémicos. Desacuerdos en ciencia. Enlace de valencia. Orbitales moleculares.

## BEYOND CONSENSUS: PROFOUND DISAGREEMENTS BETWEEN EPISTEMIC PEERS AS THE DRIVING FORCE OF SCIENTIFIC DEVELOPMENT

### ABSTRACT:

This article argues that some kind of deep disagreement can play an epistemically productive role in scientific development, even when it does not lead to some kind of consensus. Faced with Fogelin's pessimistic diagnosis, an analysis is proposed that articulates the methodology of scientific research programs (PIC) of Imre Lakatos with the methodological pluralism of Paul Feyerabend to understand this type of controversy in detail. The central contribution consists of showing that deep disagreements between epistemic peers in science can force refinements, readjustments and expansions of the empirical content available to followers of a PIC. The argument is developed from the historical and conceptual analysis of the conflict produced between the valence bond (VE) theory and the molecular orbital (MO) theory in quantum chemistry, characterized here as a profound disagreement between epistemic pairs. The case study shows how the systematic comparison between incompatible theories can increase the overall empirical content, while the program in a progressive phase imposes explanatory demands on those undergoing a recessive change, forcing readjustments in their protective belt. This comparative dynamic avoids the loss of content that would result from following eliminativist or dogmatic strategies while enabling the production of new advances in both programs.

### KEYWORDS:

Deep disagreements. Disagreements between epistemic peers. Disagreements in science. Valence bond. Molecular orbitals.

## 1 Introducción

El propósito del presente artículo es examinar el rol que desempeñan los *desacuerdos profundos entre pares epistémicos* en el desarrollo de teorías científicas rivales. En particular, se analizará si este tipo específico de controversias constituye un obstáculo para el progreso del conocimiento o si, por el contrario, puede cumplir una función positiva en la dinámica de cambio teórico. Esta cuestión resulta especialmente relevante en un contexto en el que el análisis filosófico de las controversias científicas ha adquirido un protagonismo creciente, tanto por su valor para la epistemología como por su capacidad para iluminar fenómenos sociales contemporáneos vinculados a la polarización. En las últimas décadas, la atención prestada a estructuras epistémico-sociales como las burbujas epistémicas<sup>1</sup> ha puesto de relieve nuevas dificultades para el intercambio argumentativo, en la medida en que los agentes involucrados parecen no compartir marcos de creencias ni criterios comunes de evaluación. Aunque este fenómeno

---

<sup>1</sup> Las burbujas epistémicas son un tipo de estructuras epistémico-social que tiene una mala cobertura por procesos de exclusión por omisión, ya sea por medios tecnológicos o no. Los sujetos que se encuentran dentro de ellas no están en contacto con los testimonios que son relevantes en toda la comunidad epistémica, sino que a menudo reciben únicamente la misma información con la que se encontraban previamente de acuerdo. La relación de estas estructuras con los *desacuerdos profundos* será abordada en futuras investigaciones.

suele ser abordado como un problema primordialmente social, la práctica científica no se encuentra exenta de dinámicas análogas.

En particular, los períodos prolongados de consenso artificial pueden dar lugar a situaciones de estancamiento teórico y a una pérdida de sensibilidad frente a objeciones relevantes, configurando escenarios de acuerdo extremo que coinciden con fases de petrificación del progreso científico. Frente a este panorama, el estudio sistemático del desacuerdo se vuelve indispensable. Por un lado, para tratar de elucidar que tipo de beneficios es posible sustraer de un intercambio argumentativo, ya sea poco reñido o un *desacuerdo profundo*. Por otro lado, para comprender cuando es legítimo considerar cambiar las creencias iniciales de uno frente a determinada evidencia presentada por un sujeto. La confrontación con un par epistémico cumple un papel central en la revisión y el refinamiento de las propias creencias, y constituye un mecanismo fundamental tanto en la investigación científica como en la argumentación filosófica. Por este motivo, no es posible prescindir del análisis del desacuerdo si se pretende comprender adecuadamente la dinámica del desarrollo teórico en la ciencia.

La hipótesis que se defenderá a lo largo de este trabajo es que los *desacuerdos profundos entre pares epistémicos* no solo son posibles y frecuentes en el ámbito científico, sino que además pueden resultar altamente beneficiosos para el avance de la ciencia. Las controversias más exigentes obligan a las teorías rivales a enfrentar objeciones sobre puntos nodales y a revisar hipótesis auxiliares que, en contextos de consenso, tenderían a permanecer inalteradas. Para defender esta tesis se analizará el caso paradigmático del debate en química cuántica en torno a la estructura electrónica de las moléculas, centrado en la confrontación entre la *teoría del enlace de valencia* (EV) y la *teoría de orbitales moleculares* (OM). Se probará que esta controversia constituye un *desacuerdo profundo entre pares epistémicos* y que su persistencia histórica ha operado como un motor para el desarrollo y el refinamiento de ambos modelos.

Con el fin de abordar este debate desde una perspectiva no estática, se recurrirá al modelo lakatosiano esbozado en su texto *la metodología de los programas de investigación científica* (1970), que permite captar la dimensión histórica de las teorías y su dinámica de cambio mediante la distinción entre *núcleo firme* y *cinturón protector*. De manera complementaria, se incorporará el pluralismo metodológico defendido por Paul Feyerabend, cuya crítica al empirismo lógico ofrece herramientas conceptuales para comprender por qué la coexistencia de teorías rivales puede resultar indispensable para evitar el estancamiento científico. Sin embargo, para llevar a cabo el estudio del caso propuesto es necesario atender a una serie de interrogantes. Estos últimos pueden formularse resumidamente como ¿qué características tienen los distintos tipos de desacuerdos? ¿qué efectos producen en los agentes y en las

teorías afectadas? ¿qué actitud doxástica es legítima asumir ante el desacuerdo con un sujeto que posee el mismo número de evidencias y facultades cognitivas? Y dado que en el estudio de interés los defensores de ambos PICs se encuentran en una situación de *desacuerdo profundo entre pares epistémicos* y la profundidad de la controversia implica la presencia de posiciones estructuralmente incompatibles ¿es posible que se produzca un *desacuerdos profundos entre pares epistémicos*?

En la sección siguiente se presentará una síntesis de la propuesta metodológica desarrollada por Imre Lakatos en *Metodología de los programas de investigación científica* (1970), junto con los lineamientos centrales del pluralismo metodológico defendido por Paul Feyerabend en *Cómo ser un buen empirista* (1976). Este marco teórico servirá de base para la esquematización del caso que se analizará en la sección final. En la tercera sección se ofrecerá una caracterización de los distintos tipos de desacuerdo, con especial atención a las nociones de *desacuerdo profundo* y *paridad epistémica*. Asimismo, se examinará la posibilidad de que se produzca un *desacuerdos profundos entre pares epistémicos* y las dificultades que tales controversias pueden generar para el reconocimiento mutuo de los agentes como pares. En la cuarta sección se describirá el desarrollo histórico de las teorías del *enlace de valencia* (EV) y de *orbitales moleculares* (OM). Finalmente, se argumentará que dicha controversia constituye un desacuerdo profundo entre pares epistémicos y se aplicarán las herramientas conceptuales introducidas en las secciones segunda y tercera al análisis del caso.

## 2 El pluralismo metodológico y los programas de investigación científica

En La metodología de los programas de investigación científica (1998), Lakatos propone un refinamiento de la concepción epistemológica de Karl Popper a partir de un análisis crítico de distintas etapas de su falsacionismo. En particular, distingue entre una fase temprana, caracterizada como falsacionismo dogmático, y una versión posterior, denominada falsacionismo metodológico ingenuo. La primera de estas posiciones presupone una separación estricta entre enunciados teóricos y observacionales, concebida como una frontera natural, en la que estos últimos serían directamente contrastables mediante la experiencia

El falsacionismo dogmático admite la falibilidad de todas las teorías científicas sin cualificaciones, pero retiene una clase de base empírica infalible. Es estrictamente empirista sin ser inductivista; niega que la certeza de la base empírica pueda ser transmitida a las teorías. Por tanto, el falsacionismo dogmático es la variedad más débil del falsacionismo. (Lakatos, 1970, p. 22).

En este enfoque, la contraevidencia empírica constituye el único criterio legítimo para el rechazo de la hipótesis. Una teoría será considerada científica en la medida en que disponga de una base empírica,

entendida como un conjunto de posibles falsadores susceptibles de contrastación experimental. No se requiere, en este marco, la identificación de proposiciones que confirmen las inferencias teóricas, sino únicamente que estas sean falsables. El falsacionismo metodológico ingenuo surge, a su vez, como una reacción crítica frente al falsacionismo dogmático. Desde esta perspectiva, todos los enunciados científicos poseen un carácter teórico, de modo que el criterio de demarcación deja de apoyarse en una supuesta división natural y pasa a fundarse en consideraciones de índole pragmática. En consecuencia, las demostraciones ya no encuentran su justificación en la experiencia empírica directa, sino en acuerdos intersubjetivos dentro de la comunidad científica. Sin embargo, si la evidencia no puede derivarse de la práctica experimental, surge el problema de cómo justificar la existencia de una base de falsadores potenciales. La respuesta a esta dificultad consiste en admitir que dicho conjunto de falsadores se establece por convención. Lakatos identifica una serie de rasgos metodológicos compartidos por ambos enfoques, entre los cuales destaca un punto de convergencia fundamental. En los dos casos, el método científico se apoya en la idea de contrastación, entendida como el enfrentamiento sistemático entre una teoría y la experiencia. Desde esta concepción se sigue que el único resultado metodológicamente significativo de dicho enfrentamiento es la eventual falsación de la teoría en cuestión. Sin embargo, la aceptación de esta tesis no está exenta de dificultades, ya que da lugar, al menos, a dos problemas relevantes que requieren ser examinados.

Sin embargo, la historia de la ciencia sugiere que 1') las contrastaciones son, como mínimo, enfrentamientos trilaterales entre teorías rivales y experimentos, y 2') algunos de los experimentos más interesantes originan, prima facie, una confirmación en lugar de una falsación. (Lakatos, 1970, p. 45).

No obstante la propuesta lakatosiana también implica una revisión sustantiva de algunas tesis fundamentales del falsacionismo popperiano. Su *falsacionismo metodológico sofisticado* propone que una teoría sea considerada como científica en la medida en que exhibe un incremento de contenido empírico corroborado en relación con sus formulaciones anteriores, por ejemplo, cuando habilita la predicción de fenómenos nuevos cuantificables. Dado que este criterio exige evaluar una teoría a partir de la comparación entre sus distintas formulaciones históricas, resulta inadecuado concebirlas como puntos aislados. En consecuencia, una forma más adecuada de dar cuenta de estos procesos consiste en representarlos como series de teorías interrelacionadas:

Tomemos una serie de teorías T1, T2, T3... en la que cada teoría se obtiene añadiendo cláusulas auxiliares, o mediante reinterpretaciones semánticas de la teoría previa con objeto de acomodar alguna anomalía, y de forma que cada teoría tenga, al menos, tanto contenido como el contenido no refutado de sus predecesoras. (Lakatos, 1970, p. 48).

Una serie teórica será considerada progresiva cuando cada una de sus modificaciones incorpore un incremento de contenido respecto de sus formulaciones anteriores. Si, además, parte de ese contenido excedente se encuentra corroborado, la serie podrá calificarse también como empíricamente progresiva. En los casos en que ambas condiciones se satisfacen simultáneamente, Lakatos sostiene que nos encontramos frente a un cambio progresivo; en caso contrario, el proceso deberá ser caracterizado como un cambio de tipo regresivo.

El carácter histórico del falsacionismo sofisticado de Lakatos, obliga a los miembros de cierta serie de teorías a relacionarse en torno a una notable continuidad que se origina en lo que se denomina *programas de investigación científica* (PIC). Dichos programas organizan el desarrollo de las teorías a través de un conjunto de reglas metodológicas distribuidas en dos componentes complementarios: una *heurística negativa*, que delimita las líneas de investigación que deben evitarse, y una *heurística positiva*, que orienta el curso de las modificaciones teóricas admisibles. La *heurística negativa* se manifiesta en la forma de un *núcleo firme* cuya función consiste en bloquear la aplicación directa del *modus tollens* sobre los supuestos centrales del programa. En lugar de abandonar este núcleo frente a las dificultades, “debemos utilizar nuestra inteligencia para incorporar e incluso inventar hipótesis auxiliares que formen un cinturón protector en torno a ese centro, y contra ellas debemos dirigir el *modus tollens*” (Lakatos, 1970, p. 66). De este modo, las hipótesis auxiliares operan como un mecanismo de protección del *núcleo firme* y pueden ser ajustadas, reemplazadas o incluso reformuladas en su totalidad sin comprometer la identidad del programa.

Por otra parte, la *heurística positiva* consiste en “un conjunto, parcialmente estructurado, de sugerencias o pistas sobre cómo cambiar y desarrollar las ‘versiones refutables’ del programa de investigación” (Lakatos, 1970, p. 69). En términos generales, se trata de un sistema de reglas orientadas a la modificación del *cinturón protector*, cuyo objetivo es guiar la construcción de nuevos modelos capaces de representar la realidad y de anticipar fenómenos que no podían ser explicados por las formulaciones teóricas previas. El núcleo firme de un PIC es adoptado por convención y, en virtud de esa decisión metodológica, queda provisoriamente sustraído a la refutación. En este contexto, la aparición de una anomalía aislada no resulta suficiente para comprometer la integridad del *cinturón protector*, al menos mientras el programa conserve su capacidad de generar desarrollos teóricos fértiles. Durante esta fase, es la *heurística positiva* la que orienta la selección de problemas relevantes y delimita el conjunto de modificaciones consideradas legítimas dentro del marco del propio programa. Pero ¿puede una contrastación efectiva originarse en el interior del mismo PIC al que va dirigida la crítica? asimismo, ¿en

qué condiciones es posible afirmar que un determinado programa progresa de manera genuina? En relación con estas cuestiones, Lakatos sostiene lo siguiente:

se dice que un programa de investigación progresa mientras sucede que su crecimiento teórico se anticipa a su crecimiento empírico [...] un programa está estancado si su crecimiento teórico se retrasa con relación al crecimiento empírico; esto es, si sólo ofrece explicaciones post-hoc de descubrimientos casuales o de hechos anticipados y descubiertos en el seno de un programa rival. (Lakatos, 1970, p. 146).

A partir de este pasaje pueden destacarse dos tesis centrales. En primer lugar, la evaluación del progreso de un PIC solo puede realizarse de manera comparativa, esto es, en relación con los programas rivales con los que compete. Un PIC contará con un avance progresivo en la medida en que explica un conjunto más amplio de fenómenos o proporciona explicaciones más satisfactorias que su programa rival. De ello se sigue que el análisis de un PIC no puede efectuarse de forma aislada, sino que requiere situarlo en el contexto científico específico en el que se desarrolla, atendiendo especialmente a su interacción con teorías opositoras. En segundo lugar, el esquema ternario que Lakatos propone (en el que la contrastación involucra dos teorías rivales y la experiencia) permite dar cuenta de distintos destinos posibles para un programa que ingresa en una fase regresiva. En tales circunstancias, un PIC puede ser definitivamente abandonado o bien quedar provisionalmente relegado, a la espera de una reformulación futura de su *cinturón protector*. La primera de estas opciones puede interpretarse como una respuesta de carácter dogmático, en el sentido señalado por Paul Feyerabend en *Cómo ser un buen empirista* (1976). En dicha obra, Feyerabend critica el dogmatismo inherente al empirismo positivista, inductivista y justificacionista al que acusa de obstaculizar el desarrollo efectivo de la ciencia.

El empirismo lógico asociado al Círculo de Viena termina incurriendo, según Feyerabend, en el mismo tipo de vicios que pretende superar. Lejos de promover el progreso científico, esta posición neopositivista tiende a cristalizar la práctica científica en pos de la experiencia, dando lugar a un sistema metafísico encubierto. Dicha metafísica se sostiene mediante diversos mecanismos de protección frente a posibles refutaciones experimentales, entre los que se destacan la *condición de consistencia* y la *invariancia del significado*, que serán examinadas más adelante. Como consecuencia de ello, se consolida una ontología basada en teorías bien confirmadas que adquieren un estatus prácticamente irrevisable. Además, el papel que ocupa la observación en el empirismo queda reducido a la corroboración, lo que permite sostener teorías que se vuelven infalsables. No obstante, Feyerabend comprende que esta corriente conforma el núcleo de la ciencia y el conocimiento científico. Frente a este diagnóstico, el autor propone una estrategia metodológica orientada a evitar el dogmatismo y a restituir el dinamismo propio del desarrollo científico. El *empirismo tolerante* que defiende sostiene que “puedes ser un buen empirista

solamente si estás dispuesto a trabajar con muchas teorías alternativas más que con un solo punto de vista y la experiencia” (Feyerabend, 1976, p. 18). Desde esta perspectiva, el *pluralismo epistémico* no cumple una función meramente provisoria, sino que constituye un requisito esencial de la investigación científica. Las teorías alternativas deben ser elaboradas con suficiente detalle como para permitir que las aquellas actualmente aceptadas sean reevaluadas desde distintos enfoques.

Según Feyerabend, la teoría de la explicación se apoya en un conjunto reducido de condiciones que, lejos de favorecer el avance de la ciencia, contribuyen a su inmovilización, en la medida en que solo admiten la incorporación de teorías cada vez más generales:

A pesar de lo fielmente que una teoría parezca reflejar los hechos, a pesar de su uso universal y a pesar de lo necesaria que parezca ser su existencia a los que hablan el correspondiente idioma, su adecuación factual puede ser defendida solamente ‘después’ que haya sido confrontada con alternativas ‘cuya invención y detallado desarrollo debe por tanto preceder a cualquier aserto final de éxito práctico y adecuación factual [...]’ (Feyerabend, 1976, p. 19).

La condición de consistencia prescribe que solo resultan aceptables aquellas teorías que incorporen a las previamente utilizadas en un determinado dominio o que, al menos, no entren en conflicto con ellas. De manera complementaria, *la condición de invariancia del significado* sostiene que los términos fundamentales empleados por una teoría deben conservar su significado frente a desarrollos explicativos posteriores. No obstante, existen episodios históricos en los que innovaciones científicas que vulneran deliberadamente estos criterios dan lugar a avances de gran magnitud. En tales casos, la ruptura con estas condiciones no solo no impide el progreso, sino que parece constituir una de sus condiciones de posibilidad para el mismo. Un ejemplo paradigmático de esta situación puede observarse en relación con *la condición de consistencia*:

la teoría de Newton es inconsistente con la ley de Galileo de la caída libre y con las leyes de Kepler; que la termodinámica estadística es inconsistente con la segunda ley de la teoría fenomenológica; [...] lo que se está afirmando aquí es la inconsistencia lógica; muy bien podría ocurrir que las diferencias de predicción sean demasiado pequeñas para ser detectables por la experimentación (Feyerabend, 1976, p. 28).

En relación con la *condición de invariancia del significado*, Feyerabend recurre al contraste entre la física newtoniana y la física relativista para mostrar sus limitaciones. En ambos marcos teóricos, magnitudes fundamentales como la masa o la energía presentan diferencias radicales, no solo en términos cuantitativos sino también conceptuales. Mientras que en la física relativista la masa depende del sistema de referencia adoptado, en la mecánica clásica dicha magnitud permanece inalterada con independencia de las coordenadas empleadas. Este tipo de discontinuidades conceptuales pone en cuestión la exigencia de que los términos conserven un significado fijo a lo largo del desarrollo científico. Como señala

Feyerabend, “Cualesquiera que sean las palabras usadas para la descripción de la situación, permanece el hecho de que la ciencia real no observa el requisito de invariancia del significado” (Feyerabend, 1974, p. 31).

Un cuestionamiento análogo puede formularse respecto de la *condición de consistencia*. Supongamos una teoría T' que describe un determinado estado de cosas en un dominio D'. De esta teoría se sigue su concordancia con un conjunto finito de observaciones, representado por la clase F, las cuales coinciden entre sí dentro de un margen de error M. Si se asume que estas son las únicas observaciones disponibles, entonces una teoría alternativa T que contradiga a T' fuera del conjunto F, pero dentro del mismo margen de error M, se encontrará respaldada por las mismas observaciones que T' y resultará, en principio, igualmente aceptable. En una situación de este tipo, ambas teorías pueden considerarse fácticamente adecuadas, en la medida en que dan cuenta del mismo fenómeno, aunque lo hagan desde perspectivas conceptuales diferentes que conducen a resultados observacionalmente equivalentes. Sin embargo, la aplicación estricta de la *condición de consistencia* conduce a la eliminación de T, no porque entre en conflicto con los hechos, sino porque discrepa con una teoría previa. De este modo, T' es conservada únicamente en virtud de su anterioridad histórica, aun cuando ambas compartan las mismas instancias confirmatorias.

Este procedimiento contradice el objetivo empirista de promover un aumento del contenido contrastable, ya que la *condición de consistencia* no solo descarta teorías alternativas, sino que produce un empobrecimiento del dominio de contrastación. Al eliminar opciones rivales, “convierte la parte todavía no probada de esta teoría en una medida de validez” (Feyerabend, 1974, p. 36). La negativa a considerar alternativas reduce el conjunto de hechos potencialmente refutatorios y transforma a la teoría superviviente en un sistema de carácter metafísico, cuyo éxito resulta artificial y carente de relevancia objetiva.

### 3 Desacuerdos profundos entre pares epistémicos

Siguiendo la conceptualización realizada por Fogelin, un desacuerdo o más bien un *intercambio argumentativo* es *normal*, si existe algún tipo de método exacto para disolver un conflicto. Por ejemplo, supongamos que dos personas difieren en el resultado de una operación matemática y al momento de exponer sus conclusiones mantienen con ímpetu su postura inicial. Es posible en dicha circunstancia saldar dicho debate utilizando una calculadora científica y ver quien tiene la razón. Como puede verse, no se trata de un tipo de desacuerdo fuerte puesto que “Las personas a menudo discrepan sobre cuestiones de hecho, pero, en general, concuerdan en el método para resolver su desacuerdo” (Fogelin, 2019 (1985), p.

91) y esto permite concluir rápidamente los altercados. El tipo de procedimiento puede ser entendido como una serie de compromisos epistemológicos y metodológicos que, de seguirse apropiadamente los caminos de resolución, garantizarían el acuerdo. Sin embargo, al trasladarnos al ámbito de las controversias filosóficas o científicas, la disponibilidad de tales procedimientos se vuelve notablemente limitada. Atendiendo a las características propias de los intercambios argumentativos en estos contextos, Fogelin introduce la noción de desacuerdo profundo. Este tipo de controversia puede describirse como aquella en la que “las partes no disponen de un marco común de creencias, preferencias y procedimientos suficientemente amplio como para lidiar con el conflicto” (Madroñal, 2023a, p. 40). A partir de esta caracterización general, Ranalli identifica cuatro rasgos distintivos de los desacuerdos profundos. En primer lugar, se trata de desacuerdos genuinos y no de simples malentendidos o divergencias meramente verbales; es decir, en situaciones donde “dos sujetos están en desacuerdo cuando adoptan actitudes doxásticas incompatibles ante una misma proposición” (Borge & Lo Guercio, 2019, p. 2).

En segundo lugar, las posiciones enfrentadas exhiben sensibilidad a las razones: cada una de las partes dispone de consideraciones que justifican su postura, aun cuando tales razones no sean reconocidas como válidas por la contraparte. La tercera característica remite a la sistematicidad de los *desacuerdos profundos*. No se trata de divergencias en torno a proposiciones aisladas, sino de conflictos que involucran conjuntos de “proposiciones interrelacionadas que conforman una perspectiva sobre el mundo, o versan sobre un determinado dominio de indagación” (Borge & Lo Guercio, 2019, p. 2). Finalmente, estos desacuerdos se distinguen por su persistencia. Su resistencia a la resolución es tal que diversos autores han sostenido que no se encuentran sujetos a soluciones racionales. Esta persistencia no se explica por una carencia de contenido epistémico en las teorías en disputa ni por un desconocimiento de los agentes involucrados, sino por la profundidad de los compromisos que estructuran cada posición. Sobre esto dice Fogelin:

[...] tenemos una clase muy diferente de desacuerdo cuando procede por un choque entre principios subyacentes. Bajo estas circunstancias, las partes pueden ser imparciales, libres de prejuicio, consistentes, coherentes, precisas y rigurosas, y aun así discrepar; y discrepar profundamente, no ligeramente. (Fogelin, 2019 (1985), p. 95).

En este marco, es posible que un debate reúna muchas de las condiciones que habitualmente se consideran necesarias para que un intercambio argumentativo resulte productivo y, aun así, no conduzca a la disolución del conflicto. Mientras las proposiciones estructurales que organizan cada posición continúen operando de manera subyacente, el desacuerdo no podrá ser abordado, por más que las partes se conduzcan de forma imparcial, libre de prejuicios y con altos estándares de consistencia, coherencia, precisión y rigor. En efecto, el núcleo del conflicto no reside en una proposición aislada, sino en un

entramado de paradigmas, modelos y formas de actuar y pensar que se sostienen recíprocamente, lo que dificulta su identificación y evaluación de manera independiente. No obstante, al introducir la noción de *desacuerdos profundos*, Fogelin sostiene que este tipo de controversias son *racionalmente irresolubles*. Autores como Ranalli han señalado el carácter ambiguo de esta afirmación y han propuesto una lectura más matizada. En particular menciona que si *por irresolubilidad racional* se entiende la inexistencia de una forma práctica de resolver racionalmente el desacuerdo, este caso es compatible con la adopción de un curso de acción de corte pragmático.

A fin de ilustrar esta posibilidad, supongamos la existencia de dos modelos físicos capaces de caracterizar adecuadamente el comportamiento del gas propano. Desde el punto de vista de la aproximación numérica, el primer modelo ofrece predicciones confiables en un rango de presiones comprendido entre una y cinco atmósferas, mientras que el segundo permite describir el comportamiento de la sustancia a presiones superiores a cinco e inferiores a diez atmósferas. Sin embargo, ambos modelos presuponen interacciones moleculares sustancialmente diferentes, al punto de que sus compromisos ontológicos podrían interpretarse como si refirieran a sustancias con identidades distintas. Considerado en el plano teórico, este escenario constituye un *desacuerdo profundo*. No obstante, es posible delinear una salida de tipo pragmático que permita gestionar el conflicto: el primer modelo será empleado para describir el comportamiento del gas a bajas presiones, mientras que el segundo se utilizará en regímenes de alta presión. Desde mi perspectiva, esta estrategia no implica una disolución efectiva del desacuerdo, pero sí permite rechazar la caracterización del conflicto como irracional. La controversia persiste en el nivel teórico, aunque las partes acuerdan provisoriamente un modo de aprovechar las ventajas instrumentales de ambos modelos.

Los *desacuerdos profundos* en ciencia suelen presentar precisamente este tipo de configuración: mientras que en el plano teórico la controversia permanece abierta y resulta difícilmente resoluble, en el plano práctico pueden alcanzarse soluciones transitorias, por ejemplo, mediante el uso exclusivo de resultados numéricos y la suspensión de consideraciones ontológicas. Este será el enfoque adoptado para el análisis del caso de estudio. Dado que no siempre se dan las condiciones necesarias para este tipo de arreglos pragmáticos, resulta adecuado referirse a estas situaciones como *desacuerdos profundos instrumentales*. Sin embargo, para evaluar adecuadamente un desacuerdo resulta indispensable atender al estatus epistémico de los agentes que participan en él. A tal efecto, es pertinente considerar qué se pone en juego cuando un sujeto entra en desacuerdo con otro. El desacuerdo señala que el interlocutor ha adoptado una actitud doxástica incompatible con la propia y, con ello, pone en evidencia la existencia de una perspectiva alternativa que desafía la posición inicialmente sostenida. Dicha divergencia puede

deberse tanto a la ausencia de cierta información como a la decisión deliberada de rechazar determinados enunciados.

Este tipo de confrontación argumentativa puede llevar a revisar si la evidencia de la que se dispone justifica efectivamente las creencias mantenidas al comienzo del intercambio. El descubrimiento de un desacuerdo con un agente epistémico adquiere especial relevancia en este punto, dado que, en función del estatus epistémico del interlocutor, la situación puede exigir una revisión de la propia actitud doxástica a la luz de la nueva información. En lo que sigue, me centraré principalmente en la caracterización de los pares epistémicos propuesta por Thomas Kelly, quien sostiene al respecto que:

Digamos que dos individuos son pares epistémicos con respecto a cierta cuestión si y solo si satisfacen las siguientes dos condiciones:

(I) Son iguales con respecto a su familiaridad con la evidencia y argumentos relevantes para la cuestión, y

(II) Son iguales respecto a sus virtudes epistémicas generales tales como inteligencia, atención, ausencia de prejuicios, etc. (Kelly, 2005, págs. 174-175).

En términos generales, puede considerarse que un agente es par epistémico de otro sujeto cuando dispone de un conjunto de evidencias y de virtudes cognitivas equiparables. Este reconocimiento no es meramente descriptivo, sino que tiene consecuencias normativas: frente a la discrepancia, obliga a examinar con mayor detenimiento el propio estado doxástico respecto de determinadas premisas, dado que la posición contraria proviene de alguien que cuenta con recursos epistémicos equivalentes. Surge entonces la pregunta acerca de si es posible que se produzca un *desacuerdo profundo entre pares epistémicos*. Si se entiende que ambas categorías (paridad epistémica y profundidad del desacuerdo) pueden combinarse sin exclusión mutua, no parece haber una incompatibilidad conceptual entre ellas. Resulta perfectamente plausible que dos filósofos, aun estando igualmente informados y siendo especialistas en el mismo dominio, sostengan posiciones irreconciliables en virtud de su adscripción a corrientes teóricas contrapuestas; la discusión entre realismo y antirrealismo ha sido señalada por diversos autores, como Borge y Madroñal (2023), Lema y Madroñal (2023), como un caso paradigmático en este sentido.

No obstante, Ignacio Madroñal (2023) advierte una dificultad adicional que puede obstaculizar el intercambio argumentativo en tales escenarios. Cuando el desacuerdo alcanza un grado de radicalidad suficiente, los agentes podrían dejar de reconocerse mutuamente como *pares epistémicos*. Esta situación puede presentarse cuando el conjunto de compromisos teóricos y supuestos compartidos es extremadamente reducido. La relevancia de este problema debe evaluarse caso por caso. En términos generales, si la *paridad epistémica* se funda en la especialización común dentro de un mismo campo

disciplinar, cabe suponer que esta dificultad no será decisiva. De hecho, en aquellos casos en los que el *desacuerdo profundo* adopta un carácter *instrumental* y, al mismo tiempo, se mantiene la *paridad epistémica*, la posibilidad de una solución pragmática presupone que cada parte comprenda cabalmente el modelo teórico de la otra. Por ello, puede sostenerse que la ruptura del reconocimiento mutuo constituirá una situación excepcional y no la regla general.

En relación con los *desacuerdos profundos entre pares epistémicos*, surgen dos interrogantes centrales: si este tipo de controversias se presentan con frecuencia y de qué modo inciden en la práctica científica. Aunque las múltiples condiciones involucradas podrían sugerir que se trata de situaciones excesivamente idealizadas y poco representativas, existen casos habituales en la ciencia que responden a este esquema. Un ejemplo recurrente es la disputa acerca de si un problema debe abordarse desde la física clásica o desde la física cuántica. Si bien la segunda suele exhibir mayor poder predictivo, la primera puede resultar preferible en determinados contextos debido a su simplicidad operativa u otros valores epistémicos. Sin embargo, la elección entre ambos enfoques no es meramente técnica: implica adoptar marcos metafísicos diferentes, en los que varían tanto el significado de las magnitudes fundamentales como la ontología de las entidades postuladas. En este sentido, el desacuerdo cumple con las condiciones de autenticidad y sistematicidad propias de los *desacuerdos profundos*, mientras que la sensibilidad a las razones se encuentra asegurada por tratarse de colegas con paridad *epistémica*. La persistencia del conflicto dependerá de las circunstancias específicas del caso.

Un segundo caso se observa en el ámbito de la química, particularmente en el modelado de una misma sustancia mediante distintos enfoques teóricos. En la práctica, las ecuaciones de estado permiten predecir propiedades macroscópicas de los gases bajo determinadas condiciones. Sin embargo, su formulación descansa sobre supuestos relativos al comportamiento microscópico de las moléculas y a la naturaleza de sus interacciones, compromisos que suelen permanecer implícitos. Estas ecuaciones establecen un vínculo entre niveles microscópicos y macroscópicos a través de la termodinámica estadística, y pueden fundamentarse tanto en la mecánica clásica como en la mecánica cuántica. La elección de uno u otro marco no es neutral, pues supone concepciones distintas acerca de las interacciones moleculares y, en consecuencia, compromisos ontológicos divergentes. Incluso cuando se comparte el mismo enfoque físico general, diferentes ecuaciones pueden presuponer comportamientos moleculares significativamente distintos. En ambos casos, es perfectamente posible que se configure un *desacuerdo profundo entre pares epistémicos* en el plano teórico, dado que lo que entra en conflicto son sistemas metafísicos sustantivamente distintos.

#### 4 Modelos cuánticos para la estructura electrónica

Para establecer la analogía entre los PICs y la rivalidad entre las *teorías de orbitales moleculares* (OM) y de *enlace de valencia* (EV), conviene esbozar brevemente su origen. Ambas teorías surgieron casi simultáneamente en el contexto de la nueva mecánica cuántica desarrollada por Heisenberg y Schrödinger. La EV elaborada por Slater y Pauling, puede interpretarse como una reformulación cuántica de la teoría de valencia de Lewis. Según esta última, un enlace iónico se produce cuando un átomo transfiere un electrón a otro hasta alcanzar una configuración estable similar a la de los gases nobles, mientras que en el enlace covalente los átomos comparten pares de electrones para lograr esa misma estabilidad. En su formulación inicial, la teoría de EV reinterpretó el enlace par-electrón de Lewis como una superposición entre la forma covalente de la función de onda de Heitler-London y dos configuraciones iónicas posibles. Asimismo, introdujo el concepto de *hibridación* y desarrolló herramientas matemáticas que permitieron describir la geometría molecular, los ángulos de enlace, la resonancia y los momentos magnéticos. Estos avances representaron un hito en el campo, al ampliar la adecuación empírica, aumentar el número de fenómenos cuantificables y abrir nuevas líneas de investigación, como la teoría de la reactividad fotoquímica.

De manera paralela a la consolidación de la teoría de enlace de valencia, Hund y Mulliken desarrollaron una alternativa con orientación espectroscópica. Antes de adoptar explícitamente la terminología de orbitales moleculares (OM), asignaron números cuánticos y espectrales a los electrones en moléculas a partir de las diferencias energéticas entre átomos aislados y enlazados. Posteriormente, Lennard-Jones construyó la primera función de onda en el marco de OM al estudiar moléculas diatómicas. Entre sus resultados más significativos se destaca la explicación del paramagnetismo del  $O_2$ , logro que contrastaba con las dificultades que enfrentaba la teoría de EV para dar cuenta satisfactoria de este fenómeno (Shaik & Hiberty, 2008, p. 5). Tras este primer fracaso, la EV acumuló nuevas dificultades hasta la década de 1970: limitaciones para predecir el comportamiento de  $C_4H_4$  debido a la exclusión de estructuras iónicas, deficiencias de la *resonancia simple* en el tratamiento de iones como  $C_5H_5^+$  y problemas en su aplicación a la espectroscopía del metano, entre otros. Paralelamente, la OM experimentaba un desarrollo sostenido y exitoso. La confirmación experimental de la regla de Hückel, la formulación de modelos más intuitivos y ampliamente aplicables para la interpretación de estructuras y espectros, su capacidad predictiva en reactividad química, la explicación del enlace en moléculas exóticas de difícil abordaje desde EV y el desarrollo de técnicas computacionales basadas en OM consolidaron su posición. Este contraste progresivo condujo al descrédito y eventual abandono de la teoría de EV.

No obstante, hacia finales de la década de 1970 se inició un proceso de revitalización de la EV. Varias de las deficiencias que le habían sido atribuidas (muchas veces señaladas desde el enfoque de orbitales moleculares) comenzaron a revisarse críticamente. En algunos casos, tales limitaciones resultaron ser aparentes, producto de interpretaciones inadecuadas; en otros, fueron superadas mediante el refinamiento conceptual y formal de la propia teoría. En lo que respecta al caso paradigmático del paramagnetismo del  $O_2$ , Shaik y Hiberty sostienen que el supuesto fracaso de la EV podría basarse en una atribución incorrecta. Pauling había señalado con cautela que la molécula no presentaba un estado normal simple, sino uno caracterizado por dos enlaces de tres electrones. Una caracterización posterior de Heitler y Pöschl habría contribuido a consolidar la idea de un error estructural en la teoría, interpretación que terminó difundida como una deficiencia intrínseca de la EV (Shaik & Hiberty, 2008, p. 12). El caso de la molécula  $C_4H_4$  constituye un ejemplo claro de las limitaciones iniciales de la EV, cuyas primeras versiones (al no incorporar estructuras iónicas) fracasaron en su capacidad predictiva. Sin embargo, desarrollos posteriores ampliaron el marco teórico al incluir todos los electrones, ya sea de manera explícita o mediante mecanismos de deslocalización asociados a los orbitales atómicos, lo que permitió describir adecuadamente.

En resumen, en lo que se denominará primer período (que se extiende desde el surgimiento de ambos modelos, hacia 1927, hasta finales de la década de 1940) la EV ocupó una posición predominante en la descripción de la estructura electrónica. No obstante, hacia el cierre de esta etapa comenzó a perder influencia, mientras que la OM se consolidaba progresivamente en virtud de los avances señalados. El comienzo del segundo período coincide con el final del primero, donde la teoría de Mulliken logra hacerse con el aval de la comunidad científica y pasa a ocupar el puesto de legitimidad que tenía el modelo de Pauling. Sin embargo, en el tránsito hacia la tercera etapa, la teoría de EV inició un proceso de reformulación destinado a responder a las críticas recibidas, lo que la condujo a una mayor especialización en ciertos dominios, como la dinámica química, donde la teoría nunca perdió terreno y, en cambio, la OM encontraba mayores dificultades. Finalmente, a partir de 1970 se abre un tercer período caracterizado por una coexistencia tensa y una relativa neutralidad en las preferencias de la comunidad. En la actualidad, ambos enfoques continúan vigentes y se distinguen por fortalezas diferenciadas dentro de la práctica química.

La teoría de EV ofrece un marco particularmente adecuado para explicar efectos ambientales, como los asociados a cavidades proteicas o a la acción de disolventes, y en términos generales resulta eficaz para analizar y anticipar tendencias químicas. Sobre esta base, Arieh Warshel desarrolló la *teoría de enlace de valencia empírica* (EVE), que incorporó interacciones de *Van der Waals* y *fuerzas de*

London mediante herramientas de mecánica molecular, posibilitando el estudio pionero de mecanismos de reacción enzimáticos. Por su parte, William A. Goddard III y sus colaboradores propusieron el *método de enlace de valencia generalizado* (EVG), basado en orbitales atómicos semilocalizados, lo que amplió las capacidades formales del enfoque. Estos desarrollos reactivaron, además, investigaciones en reactividad fotoquímica, donde los trabajos de Luitzen Johannes Oosterhoff identificaron mecanismos de alcance potencialmente general. Pese a estas reformulaciones y ampliaciones, la teoría de enlace de valencia y la de orbitales moleculares continúan siendo estructuralmente opuestas, en la medida en que descansan sobre compromisos ontológicos incompatibles. Lo que parece haberse modificado a partir del tercer período no es la divergencia teórica, sino el modo en que ambos modelos se relacionan con el conflicto que los enfrenta.

A mi juicio, la evolución de ambas teorías puede analizarse adecuadamente a la luz del esquema lakatosiano de los PICs. Para fundamentar esta tesis, me concentraré en ciertos supuestos ontológicos relativos a la naturaleza de la molécula que subyacen a cada modelo, los cuales los vuelven incompatibles y pueden interpretarse como parte de sus respectivos *núcleos firmes* en tanto programas rivales. Como se señaló anteriormente, la mecánica cuántica ofrece dos grandes enfoques para modelar la estructura electrónica. Uno de ellos es la teoría de enlace de valencia (EV), que sostiene que los electrones en una molécula ocupan orbitales atómicos pertenecientes a los átomos individuales (Chang & Goldsby, 2013, p. 431). Este supuesto permite representar de manera relativamente intuitiva la contribución de cada átomo en la formación del enlace químico. El apareamiento de los electrones de un enlace covalente (por ejemplo, la composición de una molécula de H<sub>2</sub> a partir de dos átomos de H) se forma por consecuencia del solapamiento de orbitales atómicos (en este caso, los orbitales 1s de los átomos de H). A medida que los átomos son aproximados entre sí, aumentan las fuerzas de repulsión producto de la proximidad entre sus núcleos y entre sus electrones. El enlace químico entre los dos orbitales atómicos se da cuando se alcanza la energía potencial mínima (en el caso de ejemplo, cuando el solapamiento entre orbitales 1s es máximo).

En contraste, la teoría de orbitales moleculares (OM) concibe el enlace covalente como el resultado de la combinación de orbitales atómicos que se extienden sobre la molécula en su conjunto (Chang & Goldsby, 2013, p. 446). A diferencia de la EV, cuyos orbitales permanecen localizados en átomos individuales, la OM postula orbitales deslocalizados que pertenecen a la molécula como totalidad. Desde este enfoque, la interacción entre dos átomos da lugar a la formación de un orbital molecular enlazante y otro antienlazante. La ocupación electrónica del primero conduce a configuraciones más

estables, mientras que la presencia de electrones en orbitales antienlazantes reduce la estabilidad del enlace.

¿En qué radica, entonces, la incompatibilidad entre ambos enfoques? La divergencia se origina en los supuestos ontológicos relativos a la naturaleza y localización de los electrones. En la teoría de *enlace de valencia*, los electrones permanecen asociados a orbitales atómicos localizados, y es el solapamiento de estos lo que da lugar a la formación de la molécula. En cambio, la teoría de *orbitales moleculares* sostiene que, al constituirse la molécula, los electrones pasan a ocupar orbitales que pertenecen al sistema molecular en su conjunto y no a átomos individuales. La descripción de la molécula ya no depende de la ubicación intrínseca de los electrones en cada átomo, sino de su distribución en orbitales enlazantes y antienlazantes deslocalizados. En síntesis, pueden identificarse los siguientes supuestos como parte del *núcleo firme* de cada teoría:

- Supuesto en EV: los electrones se alojan en los orbitales atómicos de cada átomo y su solapamiento produce el enlace químico
- Supuesto en OM: los electrones se alojan en los orbitales moleculares enlazantes y antienlazantes de la molécula completa.

Es importante remarcar, que, si bien estos supuestos son centrales en cada teoría y forman parte del *núcleo firme*, no excluye la posibilidad de que dichos núcleos estén compuestos por más enunciados. En *Spectroscopy, molecular orbitals and chemical bonding* (1966), Mulliken deja en claro su opinión sobre la EV y queda también clarificada su perspectiva ontológica:

Sin embargo, existe otra forma de describir las moléculas, generalmente denominada método del enlace de valencia. [...] En este método, cada molécula se considera compuesta de átomos, y su estructura electrónica se describe mediante los orbitales atómicos de estos átomos. Este enfoque, que prefiero llamar método de orbitales atómicos, es una alternativa válida al método de orbitales moleculares (OM), que, en su forma más general, considera cada molécula como una unidad autosuficiente y no como un simple compuesto de átomos. (Mulliken, 1966, p. 7).

Una revisión de los períodos históricos previamente delineados permite advertir que, durante el primer período, la teoría de enlace de valencia alcanzó una posición dominante gracias a su mayor capacidad predictiva respecto de las versiones iniciales de la teoría de OM, sumada al desconocimiento de sus limitaciones por parte de la comunidad científica. En este contexto, la OM se vio obligada a reorganizar su *cinturón protector* para igualar el alcance explicativo de la EV, generar condiciones para un futuro excedente de contenido empírico y encaminar su programa hacia un desarrollo progresiva. Cabe señalar que la evaluación del exceso de contenido empírico suele realizarse, en principio, dentro de los límites de un mismo PIC; sin embargo, en escenarios de rivalidad efectiva, la comparación se vuelve

inevitable. La reestructuración del *cinturón protector* de la OM estuvo vinculada, en gran medida, al trabajo de Lennard-Jones. La formulación de una función de onda propia otorgó al modelo el sustento teórico necesario para competir en igualdad de condiciones y no ser considerada un mero método práctico. A ello se sumó una estrategia crítica dirigida contra la EV, que influyó en la percepción de la comunidad científica sobre su solidez empírica.

De este modo, el excedente de contenido empírico puede generarse por dos vías: mediante una ampliación legítima de recursos teóricos y predictivos (como ocurrió cuando la OM superó su carácter inicial de método práctico) o a través de la deslegitimación del programa rival. En este último sentido, Lennard-Jones sostuvo que los éxitos de la EV se limitaban a moléculas muy simples y que fracasaba en casos como el del oxígeno, contribuyendo a la idea de que su contenido empírico no estaba sólidamente corroborado. Esta dinámica favoreció una percepción de regresión en el programa de EV y consolidó el avance de la OM. Aunque hoy sabemos que varias de las supuestas refutaciones esgrimidas por los defensores de la OM carecían de fundamento sólido, lo cierto es que la EV no logró neutralizarlas en su momento, lo que la condujo a un período de crisis. Durante el segundo período, la OM se consolidó como programa dominante y numerosos partidarios de la EV migraron hacia el enfoque rival. Este desplazamiento fue tan marcado que la EV quedó al borde del abandono, sobreviviendo gracias a su especialización en áreas específicas, como la dinámica química. Sin embargo, mientras no asumió como atendibles ciertas críticas y reformuló su *cinturón protector* (incluso incorporando hipótesis auxiliares afines al enfoque rival) no pudo generar las condiciones para revertir su avance regresivo. El inicio del tercer período marca un proceso de revitalización de la EV. La respuesta sistemática a las objeciones previas permitió mostrar que algunas acusaciones eran infundadas y que otras podían resolverse mediante reformulaciones teóricas. Sumado a ello, su mayor eficacia en dominios como la reactividad fotoquímica y la dinámica química puede interpretarse como un indicio de recuperación progresiva. No obstante, la posibilidad contemporánea de combinar ambos modelos en aplicaciones computacionales introduce nuevas tensiones que complejizan la evaluación de su rivalidad.

Si se mantiene el paralelismo trazado entre PICs y *desacuerdos profundos*, la existencia de *núcleos firmes* incompatibles en la EV y la OM sugiere que el conflicto entre ambos modelos posee un grado significativo de profundidad. Para corroborarlo, conviene examinar si satisface las cuatro condiciones señaladas por Ranalli. En primer lugar, se cumple el requisito de sistematicidad: la discrepancia no recae sobre una proposición aislada, sino sobre supuestos ontológicos fundamentales acerca de la naturaleza de la entidad que estructura el resto de las sustancias. Cada teoría arrastra consigo un sistema metafísico completo. Aunque sus defensores comparten un trasfondo común (la mecánica

cuántica y la química molecular), ello no impide que el desacuerdo sea profundo; antes bien, esta base compartida es condición para que se trate de un conflicto *entre pares epistémicos*. En segundo lugar, el criterio de persistencia se verifica en la prolongada rivalidad histórica entre ambos programas. En tercer lugar, existe sensibilidad a las razones: las sucesivas reformulaciones de los *cinturones protectores* muestran que los cambios no fueron meramente contingentes ni internos, sino el resultado de la interacción crítica entre los dos enfoques. Finalmente, no se trata de un malentendido conceptual, pues las premisas centrales de cada modelo postulan comportamientos ontológicamente incompatibles (como se mostró previamente).

En consecuencia, cuando ambos modelos se combinan en aplicaciones computacionales, lo que se articula son sus resultados numéricos y no sus supuestos teóricos. La posibilidad de establecer reglas prácticas de uso conjunto no implica compatibilidad ontológica entre los enfoques. Sin embargo, si las transformaciones de los *cinturones protectores* responden, en parte, a la presión ejercida por programas rivales, cabe preguntarse qué habría ocurrido si uno de los dos hubiese sido abandonado en alguno de los tres períodos identificados. Para abordar esta cuestión resulta pertinente apelar al pluralismo metodológico de Feyerabend. La eliminación de uno de los programas habría constituido una reacción dogmática frente a dificultades circunstanciales, especialmente considerando que en cada etapa existieron condiciones sociales y académicas que habrían permitido legitimar tal exclusión en virtud del predominio coyuntural de uno de los modelos. Desde la perspectiva de Feyerabend, la eliminación de uno de los programas habría supuesto una reducción del contenido empírico disponible. Si, por ejemplo, en el segundo período la hegemonía de la OM hubiese derivado en la supresión dogmática de la EV, se habrían perdido no solo los desarrollos posteriores vinculados a esta última (como los avances que marcaron su revitalización en el tercer período), sino también el conjunto de alternativas críticas que funcionaron como motor de revisión.

Sin el programa rival, la EV difícilmente habría identificado con la misma rapidez los problemas de su teoría de la *resonancia simple* o ampliado su aplicabilidad a sistemas más complejos. Aunque tales refinamientos podrían haber surgido eventualmente, su desarrollo se habría visto obstaculizado por las propias restricciones internas del programa, especialmente por mecanismos de consistencia e invariancia que limitan la crítica intraprogramática. La presión externa de un programa rival, no sujeto a los mismos compromisos, resultó decisiva para impulsar dichas transformaciones. Del mismo modo, sin la presencia de la EV, la OM probablemente habría permanecido en un estadio más empírico, sin el desarrollo teórico que le otorgó mayor solidez y alcance explicativo. La competencia no solo favoreció la reformulación de los *cinturones protectores* de ambos programas, sino que permitió su consolidación como teorías

altamente aplicables. Incluso los desarrollos contemporáneos que combinan ambos enfoques (como ciertos métodos computacionales o técnicas de mapeo) difícilmente habrían surgido si uno de los programas hubiera sido descartado prematuramente.

Conviene subrayar, además, que esta dinámica no puede reducirse a un simple desplazamiento masivo de la comunidad científica de un modelo a otro. Si bien existieron migraciones en contextos de cambio regresivo, ninguno de los programas fue abandonado por completo. En cada período persistieron defensores comprometidos (entre ellos figuras centrales como Pauling, Mulliken, Lennard-Jones, Hückel, Coulson, Hoffmann), así como otros investigadores que permanecieron fieles a sus respectivos enfoques y contribuyeron a su desarrollo continuo. Esta coexistencia sostenida fue condición para que la rivalidad resultara epistemológicamente fecunda.

## 5 Conclusiones

En las secciones precedentes se expusieron las herramientas teóricas que estructuran esta investigación y se analizó un caso concreto de controversia científica. Allí se mostró, por un lado, que la disputa entre los modelos considerados puede caracterizarse como un *desacuerdo profundo entre pares epistémicos* y, por otro, que dicha confrontación resultó epistemológicamente fecunda para ambos programas. Coincidimos con Fogelin en que, en principio, los *desacuerdos profundos* parecen carecer de una resolución racional definitiva. Sin embargo, esta irresolubilidad no constituye un obstáculo para el desarrollo científico. Si concebimos la evolución de las teorías en términos de *programas de investigación* y aceptamos un marco pluralista como condición del conocimiento, entonces el conflicto entre programas no representa una anomalía, sino un motor de refinamiento teórico. La competencia obliga a cada PIC a revisar y fortalecer su *cinturón protector*. En cambio, el consenso absoluto tiende a subsumir las teorías bajo la hegemonía de una sola perspectiva, lo que configura una salida de carácter dogmático. La eliminación de un programa no solo restringe las posibilidades de progreso del modelo sobreviviente, sino que reduce el contenido empírico disponible y, con ello, las oportunidades de refutación y revisión crítica.

El conflicto, lejos de ser un obstáculo, preserva alternativas capaces de señalar puntos ciegos en el enfoque dominante. Esto no implica sostener que todos los programas de investigación evolucionen de modo similar. Con frecuencia, las rivalidades se resuelven de manera dogmática, cancelando la competencia y clausurando vías de desarrollo potencialmente productivas. En tales escenarios, las modificaciones intrateóricas pueden cristalizar en sistemas difícilmente contrastables, mientras que el consenso extremo favorece el estancamiento y la reiteración acrítica de supuestos heredados. No obstante,

existen casos en los que varios programas permanecen activos de manera simultánea. Las diversas interpretaciones de la mecánica cuántica constituyen un ejemplo ilustrativo: en uno de los ámbitos más exitosos de la ciencia contemporánea persiste una pluralidad de marcos conceptuales. Analizar con detenimiento este tipo de situaciones podría ofrecer nuevas perspectivas sobre el papel productivo del desacuerdo.

Por último, este esquema no sirve sólo de forma preventiva, no es necesario pensar en PICs rivales sólo cuando se encuentran en plena actividad. Revisar y desarchivar programas de investigación eliminados por vías dogmáticas, puede ser una forma de reavivar la circulación en ciertas ramas petrificadas de la ciencia. Esta afirmación no debe interpretarse como una invitación a revivir cualquier teoría descartada. Es necesario realizar una investigación exhaustiva para comprender cuando una PIC debe permanecer archivada y cuando tiene la relevancia necesaria para generar un impacto en su competencia.

## Referencias

BORGE, B.; LO GUERCIO, N. Tipos de desacuerdos científicos y metacientíficos. *Ciência e conhecimento*, 13, p. 185-204, 2019.

CHANG, R.; GOLDSBY, K. *Química 11va edición*. Editorial McGraw-Hill, 2013.

FEYERABEND, P. *Cómo ser un buen empirista. Defensa de la tolerancia en cuestiones epistemológicas*. Universidad de Valencia, 1976.

FOGELIN, R. La lógica de los desacuerdos profundos. *Revista iberoamericana de argumentación. Traducción y presentación de Mejía S.*, 19, p. 84-99, 1985/2019.

KELLY, T. The epistemic significance of disagreement. *Oxford studies in epistemology*, p. 167-196, 2005.

LAKTES, I. *Metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza, 1970.

LEMA, L.; MADROÑAL, I. Debate entre realismo y antirrealismo científicos: ¿en qué acordar para desacordar? *Revista Instante*, 5(2), p. 476-493, 2023.

MADROÑAL, I. ¿Puedo reconocer a un par distante? Una consecuencia del desacuerdo profundo entre pares epistémicos. *Filosofía unisinos*, 24(2), p. 1-14, 2023a.

\_\_\_\_\_. Realismo y antirrealismo científicos, stances en desacuerdo. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, 23(46), p. 11-40, 2023b.

MULLIKEN, R. S. Spectroscopy, molecular orbital and chemical bonding (Nobel lecture). *Science* (157), 1966.

SHAIK, S.; HIBERTY, P. *A chemist's guide to valence bond theory*. Estados Unidos: Wiley-interscience, 2008.

**Recebido em: 29/03/2024**

**Aceito em: 09/03/2026**