

DESQUINEANDO LA SEMEJANZA*

JUAN BAUTISTA BENGOETXEA

14th Street # 1005
Division of Liberal Arts and International Studies
Colorado School of Mines
Stratton Hall, Suite 104
Golden, CO 80401
USA

jbeigoet@mines.edu

Resumen: La crítica contundente de Quine a las nociones intensionales, así como a todo lo superfluo para una ontología de raíz lógica de primer orden, le condujo a rechazar la validez de la noción de semejanza en el ámbito de las ciencias maduras (Quine 1969). El artículo consiste precisamente en responder a esta crítica desde una perspectiva no formalista en la que la ciencia no se reduce a simple teoría, sino que se comprende como un complejo interactivo de diversas prácticas (entre ellas, las teóricas). Mi respuesta a Quine toma como eje fundamental el análisis de la semejanza en una ciencia madura como lo es la química, y presenta un estudio de caso en el ámbito de la química sintética. El objetivo del artículo es en tal sentido triple: por un lado, critico la concepción reductivista quineana de la ciencia; por otro, reclamo la importancia de la semejanza en química; y, por último, reivindico lo que denomino *pragmatismo experimental*, un modo de análisis de la tecnociencia que tiene en cuenta la práctica real de ésta y la interacción *teoría-experimento-prácticas científicas* desde una perspectiva naturalista. El título incluye el verbo “desquinear”, inexistente en español, en clara referencia a mi negativa de aceptar el análisis de Quine.

* Agradezco al Dpto. de *Educación, Universidades e Investigación* del Gobierno Vasco-Eusko Jaurlaritza la ayuda que me ha concedido para llevar a cabo este trabajo mediante una beca post-doctoral de investigación. Asimismo, doy las gracias al departamento de *Liberal Arts and International Studies (Colorado School of Mines)*, y especialmente a Carl Mitcham, por su inestimable apoyo.

Manuscrito – *Rev. Int. Fil.*, Campinas, v. 28, n. 1, p. 113-141, jan.-jun. 2005.

Palabras-clave: Quine. Semejanza. Tecnología. Prácticas científicas. Química. Pragmatismo experimental.

Abstract: Quine's strong criticism of intensional notions as well as of everything that is superfluous for an ontology based on first order logic led him to deny the legitimacy of the notion of similarity in the realm of the mature sciences (Quine 1969). In this paper I try to refute Quine's view by adopting a non-formalistic perspective, i.e., a perspective in which science is not simply reduced to a theory, but is rather seen as an interactive complex of several different forms of scientific practices (the theoretical one among them). My reply to Quine has as main pillar the analysis of the notion of similarity in a mature science like chemistry, and is based on a study of a concrete case in the realm of synthetic chemistry. The aim of this paper is, therefore, threefold: first, I shall criticize Quine's reductivism regarding science; second, I shall defend the centrality of the notion of similarity in chemistry; finally, I shall defend what I call experimental pragmatism, i.e., a specific way of analysing technological sciences that takes into account both the actual scientific practice and the interaction between theory, experiment and practices from a naturalistic point of view. The title contains the verb "de-quining", which does not actually exist in Spanish, but clearly refers to my rejection of Quine's analysis.

El holismo quineano del significado refleja de una manera interesante el propio compromiso ontológico formalista de Quine. Con espíritu occamiano, éste se propuso defender la existencia de un mobiliario ontológico reducido a su mínima expresión. Su ontología del mundo sólo debía contar con dos tipos básicos de ítems: los inevitables *objetos físicos* de la ciencia y los *géneros naturales*. Tal vez resulte extraño a algunos que Quine diera el visto bueno a los géneros naturales, pero no hay motivo para ello. O no lo hay siempre y cuando enfoquemos la cuestión desde la propia perspectiva quineana, por supuesto. Según él, mientras las teorías científicas necesitarán de los géneros naturales, él no se opondría. Cuestión de hecho. No se puede negar que los científicos utilizaban y utilizan nociones de género y especie –tigres, gusanos–, e incluso de sustancia –agua, oro–.

Lo que por supuesto Quine no estaba dispuesto a aceptar en el seno de una ontología filosóficamente respetable eran todos aquellos ítems eliminables, esencias putativas, *qualia*, conjuntos arbitrarios como ‘el número 86’ o ‘David Kaplan’, o relaciones como, por ejemplo, la de semejanza. Así pues, según Quine el mundo sólo debería estar constituido por entidades y por géneros naturales.

El trasfondo teórico en el que Quine situaba este tipo de afirmaciones ontológicas no era sino un posicionamiento dependiente de dos hipótesis: una, que la lógica formal y partes de la matemática —especialmente la teoría de conjuntos— son las que realmente constituyen la forma secularizada de la Razón Universal; la otra, que hemos de considerar seriamente la opción de vincular estrechamente la metafísica a tal lógica de carácter universal. El lema “ser es ser el valor de una variable” le sirvió para dar forma al vínculo entre lógica y metafísica de un modo explícito. En tal sentido, si reconocemos que el formalismo es parte importante del posicionamiento filosófico de Quine, optar por una determinada lógica equivaldrá a elegir también su correspondiente ontología (cf. Lakoff & Johnson 1999, p. 451). La respuesta de Quine fue clara: la lógica de la filosofía debe ser la lógica de primer orden, no una de segundo orden o superior, pues son las variables de primer orden las que se aplican a entidades. Las variables de segundo orden no harían más que enturbiar el panorama en la medida en que se aplican a propiedades y relaciones.

De este modo, Quine fue coherente al elegir su lógica y su metafísica. Aceptar el uso de una lógica de segundo orden habría supuesto aceptar la existencia de, por ejemplo, propiedades, y esto a su vez obligaría a reconocer que tales propiedades son algo real en el mobiliario quineano del mundo. Pero si nos comprometemos con la creencia en la existencia de objetos y si las propiedades son parte inherente de los objetos, el hecho de considerar que las propiedades abstractas son algo real separado de aquello de lo que son propiedades sería un compromiso ontológico añadido y redundante. Así pues, parece correcto afirmar que tanto la lógica de primer orden como una concepción nominalista de la

ontología constituyen dos de los compromisos básicos del pensamiento de Quine.

El científico cognitivo Daniel Dennett publicó en 1987 un diccionario satírico de epónimos (*The Philosophical Lexicon*) del cual algunos ítems le han servido de entrada en varios artículos que ha publicado posteriormente. En “The Case for Rorts” (2000, p. 91), refiriéndose a Richard Rorty, define dos términos: “rort” como “an incorregible report, hence, rorty, incorregible”, y “‘a rortiori’, adj., true for even more fashionable continental reasons”. En “Quining Qualia” (1993, p. 380), apuntando a Quine, escribe lo siguiente: “‘quine’, v. to deny resolutely the existence or importance of something real or significant”. Sin duda, a Dennett no se le puede negar sentido del humor en sus textos, el mismo que me ha animado a recoger su broma hacia Quine para, sin embargo, utilizarla en un sentido contrario al del artículo mencionado. Si Dennett sostiene en un sentido quineano que los *qualia* han perdido toda referencia, o que nunca la han tenido porque de hecho no hay ningún *quale*, mi objetivo en cambio es defender la validez del uso y la existencia de una referencia sólida en el caso del concepto de semejanza utilizado en la ciencia. Es decir, trataré de responder a los argumentos eliminativistas que en “Natural Kinds” (1969) Quine articuló contra las *relaciones* en general y contra la *semejanza* en particular. Para ello, no obstante, procuraré mostrar en primer lugar que tales argumentos constituyen de hecho un alegato eliminativista.

1. EL RECHAZO QUINEANO DE LA SEMEJANZA

El análisis conceptual de nociones relevantes para la ciencia y la tecnología se ha visto apoyado muy a menudo por los propios resultados de estas dos actividades. Un análisis que habitualmente ha consistido en explicaciones (*explications*) de términos y conceptos con gran peso en el desarrollo de teorías, explicaciones (*explanations*) y predicciones. Parte de la relevancia de las explicaciones se encuentra en el hecho de que el len-

guaje científico se puede dividir en dos grandes partes, una técnica, formalizada en ocasiones, y otra común dirigida a la exposición de resultados, argumentaciones no técnicas o procedimientos que los científicos han llevado a cabo u obtenido en su investigación. En 1950, Carnap (1950, §2) expuso su propia teoría sobre la explicación y se sirvió de varios ejemplos claros. Uno entresacado de la biología, ciencia apenas formalizada y difícilmente formalizable, refiere al doblete “pez” y “piscis”. Los científicos no utilizan el primero y sí el segundo, mucho más exacto y dependiente además de una taxonomía que forma parte de toda una teoría científica. En cuanto a Quine, su objetivo es si cabe más pretencioso que el de Carnap, ya que tiende a eliminar toda referencia filosófica a nociones intensionales de modo que los discursos científico y filosófico significativos aparezcan austeramente libres de ellas (Cf. Quine 1960). Términos tales como “significado”, “mente”, “intención” o “semejanza” pertenecerían todos ellos al conjunto de las extrañas palabras elegidas para pasar por la trituradora quineana.

Sin embargo, desde la perspectiva de hoy en día parece difícil aceptar que la noción de semejanza no ha sido relevante en absoluto en los avances conceptuales y clasificatorios de las ciencias y tecnologías más maduras. En el caso de la química no es extraño encontrar artículos en revistas avanzadas con títulos tales como “Similarities between Organic and Cuprate Superconductors” (*Science* 278 (1997)), “The Definition and Role of Similarity Concepts in the Chemical and Physical Sciences” (*Journal of Chemical Information and Computer Sciences* 32 (1992)), “Toward a global maximization of the molecular similarity function: Superposition of two molecules” (*Journal of Computational Chemistry* 18 (1997)), “Molecular Similarity of MDR Inhibitors” (*International Journal of Molecular Science* 5 (2004)), “Molecular similarity: a key technique in molecular informatics” (*Organic Biomolecular Chemistry* 2 (2004)), o “An Information-Theoretical Measure of Similarity and a Topological Shape and Size Descriptor for Molecular Similarity Analysis” (*Internet Electronic Journal of Molecular Design* 3/6 (2004)). Incluso se han organizado semi-

narios y grupos de trabajo científicos como el *Girona Seminar on Molecular Similarity* (GISEM) y se han publicado diversas monografías, por ejemplo *Advances in Molecular Similarity, Concepts and Applications of Molecular Similarity*.¹ Considero que estos datos sirven para ilustrar el incremento del uso de la noción de semejanza en la comunidad de los químicos y, por ende, su importancia en este campo tecnocientífico. Cuantitativamente, la cantidad de resúmenes (*abstracts*) químicos para el término “semejanza” aumentó desde 233 a finales de la década de 1960 hasta 1693 a mediados de la década de 1990. El aumento continúa progresivamente y la variedad de los estudios en torno a la semejanza es directamente proporcional; encontramos análisis de la semejanza cuántica (Carbó-Dorca & Calabuig 1992), de la semejanza geométrica e incluso en el campo de la reactividad química se han publicado trabajos como el de Lawson (1992) que describen tanto las semejanzas entre diferentes reacciones como su posterior uso en la clasificación de datos y en la categorización de información.²

Quine, sin embargo, no estaba de acuerdo con que la semejanza fuera una noción, una relación, lo suficientemente respetable como para ser aceptada en la ontología de una ciencia madura, a pesar del uso que *de facto* los científicos pudieran hacer de ella. Sus argumentos, expuestos tanto en “Natural Kinds” (1969) como en *Pursuit of Truth* (1990) o anteriormente en su seminal *Word and Object* (1960), entre otros lugares, se pueden resumir en tres pasos fundamentales de lo que denominaré *el argumento eliminativo*:

¹ Carbó-Dorca (1996). Johnson & Maggiora (1990).

² El *Journal of Chemical Information and Computer Science* dedicó su número 32, en 1992, al tema del papel que la semejanza desempeña en la química. Los editores pretendían reflejar la importancia que la investigación basada en la noción de semejanza tenía realmente en la práctica química del momento. No consideraría una exageración decir que a partir de los noventa el estatus de esta noción ha recibido el espaldarazo definitivo por parte de la comunidad química.

(1) Quine (1969) describe varios intentos, todos ellos estériles, por reducir la noción de semejanza a otras nociones más robustas, basadas en la lógica de primer orden y en la teoría de conjuntos. Acepta el uso de la noción de semejanza en el nivel de la interacción humana básica con la naturaleza. Pero sólo en este estrato del conocimiento humano. Es decir, la semejanza le sirve como concepto válido únicamente para establecer los rudimentos de las representaciones humanas fundamentales para la supervivencia en un entorno. En tal sentido, la semejanza es una noción tan común como lo son la *identidad* o la *negación*, por ejemplo. Ahora bien, mientras que estas dos últimas han podido ser formalizadas adecuadamente, la primera no. En tal sentido teórico-formal, la semejanza es un concepto extraño, irreducible a toda formalización; extrañeza que conduce a Quine a afirmar que “there is something logically repugnant about it” (1969, p. 117).

(2) Quine propone entonces una hipotética condición de adecuación que sirva para legitimar de alguna manera el concepto de semejanza. Tal condición tendría por fin reducir la semejanza a conceptos filosóficamente ‘autorizados’, más robustos, al modo en que lo son los de la lógica y la matemática. Según Quine, además, tal reducción no requeriría la ayuda de datos psicológicos, sino que sería suficiente con reconstruir racionalmente la noción de semejanza hasta identificar cuáles son sus raíces. Pero, no obstante, no hay de hecho reducción alguna que salve la validez del uso teórico-científico de la semejanza. Según el argumento eliminativo, no hay reducción viable alguna que de un modo u otro permita que la noción de semejanza tenga algún lugar en la ontología quineana.

(3) De cualquier modo, en un intento cartesiano de buscar ‘certeza’ en su argumento por medio del agotamiento de toda alternativa posible, Quine rastrea alternativas putativas de análisis válidos de la semejanza. Entre ellas, la más pertinente al caso es el método carnapiano de los *círculos de semejanza* (cf. Carnap 1928). Son subrayables en él dos aspectos: uno, que Carnap no acuña una noción comparativa diádica de semejanza,

sino una triádica (“*a* es mas semejante a *b* que a *c*”); y dos, que la noción de semejanza aparece vinculada a la de género natural, de modo que se resalta el papel que las clasificaciones y los géneros científicos desempeñan en la construcción de las representaciones de la ciencia y la tecnología.

Así pues, parece que el análisis carnapiano de la semejanza es el mejor candidato que Quine encuentra para su pretendido análisis o, al menos, elucidación de la noción de semejanza. Y, sin embargo, también lo descarta debido a que sufre el problema que Goodman (1951, Cap. V) denominó *dificultad de la comunidad imperfecta*. Si definimos, como hace Carnap, un género como aquello que cuenta con un paradigma *a* y un contraste *b*—es decir, como el conjunto de objetos frente a los cuales *a* es más semejante a ellos de lo que lo es respecto a *b*—, no es difícil constatar que el paradigma puede sufrir del *defecto de las propiedades múltiples*. Esto es, puede ser paradigma de la propiedad con la que pretendemos definir un género, pero también y a la vez lo puede ser de propiedades a las que no hemos atendido, pero que podrían invalidar el criterio para la creación de un género natural al modo carnapiano. Pensemos en un objeto rojo como paradigma de rojez. Según Quine (1969, p. 120), “mere degree of overall similarity to any one such paradigm case will afford little evidence of degree of redness, since it will depend also on shape, weight, and the rest”. Esto indica que aunque procuremos comprender la semejanza como función con una sola propiedad, el manejo de objetos físicos con más de una propiedad, tal como sucede habitualmente en química—un objeto rojo, pero de diversas formas y tamaños, por ejemplo—, nos sitúa ante paradigmas con más de una propiedad, lo cual complica la búsqueda de un criterio clasificatorio para géneros naturales. Es difícil, muy poco realista y nada útil tratar de establecer géneros—incluidos los naturales—por medio de paradigmas que atiendan exclusivamente a una única propiedad pertinente. Ni la práctica científica y tecnológica ni la comprensión filosófica de estos ámbitos ganarían nada con ello.

Parece por tanto que los resultados a los que Quine nos conduce en su análisis de la semejanza no dejan lugar a la duda: hay que rechazar esta noción por débil conceptualmente y por impracticable en una ciencia madura, una noción que además aparece inherentemente asociada a otras tan débiles como *género* y *propiedad*.

2. LA PRÁCTICA TECNOLÓGICA NO RECHAZA LA SEMEJANZA

El argumento eliminativo de Quine sostiene que cuando un lenguaje teórico científico inicia un proceso de incorporación de la noción de semejanza, aquel tiende a modificar dicha noción hasta finalmente diluirla en alguno o varios conceptos teóricos. El grado de madurez de una ciencia será directamente proporcional a su capacidad de eliminar términos tan débiles y resbaladizos como el de semejanza. Esta idea es la base del *argumento de la madurez* (Quine 1969, p. 138). En sus comienzos, señala Quine, la ciencia es básicamente una actividad de recolección de hechos. Se dice por ejemplo que toda sal que arde con llama amarilla es soluble. Si pretendemos mostrar el carácter salino de determinada sal, uno de los primeros aspectos a tener en cuenta entonces sería su solubilidad. A este nivel tan elemental de inquisición, por supuesto, es suficiente con apelar a consideraciones macroscópicas acerca de la semejanza y, consiguientemente, determinar si una sal es soluble o no. Sin embargo, la física y la química actuales permiten examinar la microestructura de una sal y obtener sus características compositivas iónicas que sirven de base posible para futuros juicios de semejanza entre iones de cierto compuesto y sus estándares teóricos termodinámicos establecidos de antemano. En particular, podríamos comparar tanto la afinidad iónica entre los propios iones como su afinidad respecto al disolvente (*aqua*). Si en el papel de químicos tratamos de predecir algo acerca de un nuevo compuesto, una nueva sal en este caso, lo que inferiremos a partir de las características termodinámicas de iones semejantes será precisamente el comportamiento químico del compuesto analizado. Por lo tanto, nos hemos situa-

do ya en un nivel superior de teorización en el que el papel de la semejanza no es el inicial. Se trata de un nivel científico-teórico ‘maduro’ en el que los juicios de semejanza pierden su razón de ser: “once we can legitimize a disposition term by defining the relevant similarity standard, we are apt to know the mechanism of the disposition, and so by-pass the similarity” (Quine 1969, p. 136).

En el caso de la sal, el rechazo de Quine se podría entender del siguiente modo: una vez hemos ‘reescrito’ la noción de semejanza en términos de tendencias de propiedades termodinámicas y de la Tabla Periódica de los elementos químicos, ya no hay lugar para apelar a ningún tipo de semejanza. Las teorías físico-químicas no pretenden fortalecer la débil noción de semejanza, sino simplemente sustituirla por enunciados teóricos tales como “es un miembro del Grupo V de la Tabla Periódica” o “tiene la configuración electrónica externa d^5 ” (Cf. Brown & LeMay 1977, pp. 175ss). De este modo, según Quine no necesitamos referirnos a semejanzas cuando contamos con un lenguaje muchos más preciso y sofisticado con el que dar cuenta de la práctica y teoría científicas y tecnológicas. Tal y como Quine mismo indica,

it is a mark of maturity of a branch of science that the notion of similarity or kind finally dissolves, so far as it is relevant to that branch of science. That is, it ultimately submits to analysis in the special terms of that branch of science and logic (Quine 1969, p. 121).

Reconozco que el argumento de Quine es sólido, si bien sufre de ciertas carencias que dejan paso a mi crítica.³ Esta tendrá como objetivo

³ La filosofía de la ciencia de Quine se basa erróneamente en una concepción que, aunque holista, no está lo suficientemente desarrollada. Quine entiende que las teorías son ‘solamente’ grupos de oraciones relacionadas entre sí y que, en conjunto, se confrontan con un cuerpo de evidencias (físicas). Pero esta imagen podría dar lugar a la creación arbitraria de teorías. Una alternativa más plausible y acorde a la propuesta de este artículo es, por ejemplo, la de Joseph Rouse (2002, p. 131). Según éste, articular una teoría consistiría en, por un lado, diseñar simul-

directo la siguiente lista de conclusiones que extraigo del argumento eliminativo quineano:

(i) Es muy cuestionable la creencia de que la noción general de semejanza sirva para obtener conocimiento científico, especialmente debido a que aquélla se puede sustituir por nociones teóricas lógicamente más robustas.

(ii) Las ciencias maduras utilizan la noción de semejanza dentro de sus propios sistemas teóricos. La débil noción de semejanza depende, por tanto, de principios teóricos más sólidos y mejor articulados.

(iii) En la medida en que una ciencia se hace madura, tiende paralelamente a sustituir cualquier noción de semejanza utilizable por juicios teóricos propios.

(iv) Por lo tanto, es signo de madurez de una ciencia que rechace cualquier noción de semejanza pretendidamente irreducible que pudiera utilizar.

La crítica que propongo ataca básicamente al punto (iii), y al resto de un modo menos explícito. Considero que (iii) no es correcto y que su cambio implica la modificación de (iv). Las críticas contra (iii) se basan en varios contraejemplos y son complementadas con determinados argumentos vinculados todos ellos a la práctica y teoría químicas. De cualquier modo, antes de presentar tales contraejemplos, quisiera avanzar algunas aclaraciones sobre el argumento quineano eliminativo.

Se podría aceptar con Quine que las ciencias maduras, especialmente la física, elaboran sus teorías y prácticas experimentales con la

táneamente experimentos que dieran cuenta de un dominio coherente de fenómenos y, por otro, en la articulación de conceptos utilizables de un modo flexible para apoyar y extender las relaciones entre prácticas experimentales y fenómenos. El hecho de no tener en cuenta las prácticas experimentales ha sido una de las limitaciones más notables de la filosofía analítica de la ciencia durante el siglo XX y, particularmente, de Quine.

ayuda de juicios de semejanza propios que se podrían eliminar si el discurso científico fuera reconstruido en un ‘modo formal’ carnapiano.⁴ Sin embargo, no es menos cierto que la práctica real en ciencias maduras como la química o la biología pocas veces, si alguna, reconstruye formalmente su discurso. De un modo u otro, estas ciencias y sus subdisciplinas hacen juicios de semejanza de gran importancia práctica. Parte del error quineano en su intento por establecer una austera ontología de corte científico se debe a que no reconoció en su momento la gran complejidad inherente no solo a la teoría científica, sino a la dinámica en la que ésta participa junto a las prácticas experimentales, no sólo las observacionales. Aunque el análisis molecular en química, por ejemplo, nos proporcione determinada imagen de un fenómeno o serie de fenómenos, tal imagen, tal comprensión, nos sitúa continuamente frente a nuevos desafíos conceptuales vinculados a los diferentes aspectos de las prácticas científicas. En particular, hay aspectos dinámicos de las moléculas que dan lugar a comportamientos microscópicos de gran importancia a la hora de obtener conocimiento de fenómenos químicos –reactividades, por ejemplo–, pero que difícilmente se pueden identificar a niveles moleculares debido al breve lapso temporal de estos –hablamos de femptosegundos: (f) 10^{-15} segundos–. Del mismo modo, hay sutiles diferencias quirales entre pares de moléculas que no producen ni diferencias químicas ni físicas apreciables macroscópicamente O diferencias en distribu-

⁴ En su crítica a la metafísica, Carnap insistió en dos aspectos: por un lado, se negó a tratar cuestiones ontológicas sobre realismos e idealismos; por otro, subrayó la necesidad de clarificar el discurso de la ciencia. Pero su propuesta se redujo a un marco sintacticista-lingüístico en el que el *modo material* del discurso debía ser sustituido por un *modo formal*, no ambiguo, con referencias conceptuales unívocas. El objetivo de la propuesta de Carnap era explicar (*to explicate*) rigurosamente el significado y los fundamentos epistemológicos de la ciencia. Sin embargo, su deseo de enmarcar la comprensión de la ciencia en una estructura lógica atemporal e inmaterial chocó de frente con las ideas de Otto Neurath, mucho más realistas, naturalistas y adecuadas a la práctica científica real (cf. Rouse 2002, pp. 55s).

ciones isotópicas que pueden ser origen de ligerísimas diferencias materiales. Todo ello es parte de la complejidad típica de las prácticas científicas, incluida en ellas la práctica teórica, y no sería adecuado afirmar tajantemente que los juicios de semejanza han desaparecido o deben desaparecer de ellas cuando la normatividad en ellas está intrínsecamente relacionada con la ejecución práctica de experimentos.

El punto (ii) podría parecer igualmente plausible bajo una perspectiva formalista e idealizadora de la teoría científica, mas no desde una perspectiva que pretenda aglutinar la teoría y la práctica científica real. Es en este último sentido como yo entiendo que las teorías y la actividad química sí se apoyan sobre diversas nociones y juicios de semejanza. La química sintética, pongamos por caso, utiliza estructuras moleculares denominadas *grupos funcionales* que sirven de *aspecto* sobre el que erigir juicios de semejanza entre moléculas que las integran, sin tener en cuenta detalles de tipo subatómico o electrónico por el mero hecho de que no son pertinentes para los objetivos de la práctica sintética. En química sintética, son los grupos funcionales y los centros reactivos los aspectos a considerar, pues con ellos es suficiente para comparar moléculas y predecir reactividades.

La complejidad propia de la naturaleza y de los fenómenos estudiados en química hace necesaria la elaboración de conceptos en marcos teóricos específicos que, a su vez, den lugar a juicios de semejanza dependientes de contexto. En química orgánica, la semejanza entre dos moléculas se establece según juicios que apuntan a aspectos diferentes a los que se apuntan en, por ejemplo, la química cuántica. En el contexto orgánico, dos moléculas pueden ser semejantes según su reactividad, es decir, porque sus características dan como resultado una reactividad parecida. En el contexto cuántico, en cambio, esas mismas moléculas podrían ser semejantes (o no) si se atendiera a la forma de sus funciones de onda. Pues las funciones de onda de dos moléculas orgánicamente semejantes pueden ser completamente diferentes. Se trataría de moléculas *reactivamente* semejantes, pero muy diferentes en virtud de su *función de onda*.

Los mundos, clasificaciones o categorizaciones que con ellas podríamos crear serían muy distintos según el contexto.

3. DETERMINACIÓN FUNCIONAL VS. DETERMINACIÓN ELEMENTAL DE SUSTANCIAS QUÍMICAS

A comienzos del siglo XX, fue una práctica habitual identificar sustancias químicas –es decir, la ontología material de la química– mediante análisis elemental –de los elementos de las sustancias– y la preparación de sólidos derivados (Cf. Siggia & Hanna 1979, p. 821). Desde la década de 1950, sin embargo, es la determinación cuantitativa de grupos funcionales (*DCGF*) el método más utilizado para resolver problemas de identificación de sustancias. Se trata de un método basado en ciertos géneros naturales, los *grupos funcionales*, que representan y son el fundamento de las prácticas en torno a la *funcionalidad* y *reactividad química* de las diferentes sustancias químicas. Una vez un grupo funcional ha sido detectado como parte de la fórmula estructural de una sustancia, es posible predecir la reactividad de ésta. El hecho de conocer cuál es el tipo de grupo funcional que representa un cierto tipo de reactividad es una cuestión práctica similar a la del aprendizaje de una lengua y sus normas.

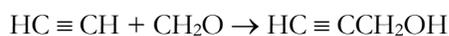
La investigación química actual nos enseña que las clasificaciones teóricas de los aproximadamente 2 millones de compuestos orgánicos existentes han requerido el uso de la noción básica de *grupo funcional* y de sus asociados, por ejemplo, la noción de *serie homóloga*. Un grupo funcional es una subestructura molecular –o estructura parcial de la más compleja estructura de una molécula– situada en la cadena carbonatada de un compuesto y que representa el tipo de comportamiento químico de las moléculas integrantes de las series homólogas. Se puede afirmar, por tanto, que cada grupo funcional caracteriza un tipo diferente de compuesto orgánico y que el conjunto de estos compuestos tipificados comparten lo que denomino el *aspecto* ‘grupo funcional’. Los compuestos, entonces, constituyen una familia o *género* de compuestos. La serie homóloga asociada a un género de compuestos añade la característica de que cada tér-

mino de la serie se diferencia del anterior porque tiene un grupo $-CH_2$ añadido. Por ejemplo,

GENERO	ASPECTO DE SEMEJANZA (Grupo Funcional)	EJEMPLO
Alcano	$\begin{array}{c} \quad \\ -C-C- \\ \quad \end{array}$	$CH_3-CH_2-CH_3$
Alcohol	$-OH$	CH_3-CH_2OH

Los procesos de identificación de sustancias mediante semejanzas derivadas de grupos funcionales son de dos tipos. En el primer caso, los químicos ya conocen la identidad del compuesto-objetivo, dado que han procesado una reacción conocida con reactivos conocidos (Sig-gia & Hanna 1979, p. 821), si bien necesitan verificar dicha identidad antes de proceder con su investigación. El tipo segundo, en cambio, es aquel en el que los químicos han de identificar compuestos desconocidos. Este último caso es el pertinente aquí.

Consideremos el ejemplo siguiente:



En la actualidad sabemos que junto a esta reacción se dan otras reacciones paralelas o *colaterales*. Cuando este hecho fue descubierto, los químicos trataron de identificar los subproductos o derivados de dicha reacción. Para ello el producto primero de la reacción fue destilado y dos materiales fueron aislados. Ninguno de ellos, sin embargo, tenía las mismas constantes físicas que los materiales conocidos de la mezcla reactiva. Se sabía cuáles eran los grupos funcionales del sistema, aunque aún había grupos sin reaccionar por determinar. De ahí que se acometiera la tarea de determinación de grupos hidroxilo, hidrógenos acetilenos, insaturación, así como de grupos carbonilo libres y combinados –estos últimos

en su forma de componentes de acetal-. Los valores estimados de hidroxilo y carbonilo libres fueron nulos. Sin embargo, sí se obtuvieron valores definidos para el hidrógeno acetileno, para la instauración y para los carbonilos combinados (cf. Brown & LeMay 1977, Cap. 1). A partir de estos valores se calcularon los *pesos equivalentes* correspondientes, gracias a los cuales se identificaron dos materiales:



En el caso (1), el análisis mediante grupos funcionales no solo mostró qué grupos conformaban la sustancia y cuáles de los grupos funcionales iniciales no aparecían en ella, sino que proporcionó el peso equivalente de cada grupo que permitió identificar un hidrógeno acetileno para cada grupo semejante al acetal, amén de un enlace triple o dos dobles por grupo funcional. Tras postular que el peso molecular del compuesto era igual al peso equivalente, se pudo identificar la fórmula (1). A partir de la familiaridad con el sistema, los químicos sabían que el alcohol propargil –el producto deseado de la reacción– se oxida y produce el aldehído correspondiente. También conocían que la formalina utilizada en la síntesis contenía metanol. La mezcla reactiva era a su vez altamente ácida, de modo que se cumplían los requisitos para obtener el compuesto indicado por la determinación a base de grupos funcionales.

También en el caso (2) la determinación mediante grupos funcionales permitió identificar los grupos presentes y los ausentes respecto al material inicial. El peso equivalente de cada grupo mostró que los hidrógenos acetilenos aparecían por cada grupo semejante al acetal y que había dos enlaces triples –o, en su caso, cuatro improbables enlaces dobles– por cada grupo semejante al acetal. El peso molecular era al menos el peso equivalente, o un múltiplo, calculado a partir del análisis del acetal junto a dos hidrógenos acetilenos y dos enlaces triples. A partir de estos datos y del conocimiento de que el formaldehído y los alcoholes propargil estaban presentes en la reacción original –y que estos forman formo-

les en condiciones ligeramente ácidas como las de la reacción—, se llegó a la identidad de (2).

Por supuesto, la determinación mediante grupos funcionales no conduce a identificaciones absolutas. No obstante, proporciona datos que sirven para identificar la identidad probable de un compuesto. La identificación exacta o absoluta se lleva a cabo, en realidad, mediante la síntesis —por métodos conocidos— del compuesto indicado por la determinación vía grupos funcionales para, posteriormente, comparar —tomando en consideración determinadas semejanzas— el material conocido con el desconocido por medio de técnicas estándares tales como la comparación de sus respectivas curvas infrarrojas, la comparación de patrones de difracción de rayos X, exámenes microscópicos, y otros tipos de cotejo de comportamiento óptico. Propiedades físicas tales como el punto de ebullición o de congelación, los índices refractivos o la densidad también se pueden servir del *aspecto* a comparar entre sustancias conocidas y desconocidas.

El valor del análisis mediante grupos funcionales, por lo tanto, descansa en el hecho de que sirve para indicar de qué tipo es un compuesto desconocido y para proporcionar su peso molecular u otros factores a la postre fundamentales para la identificación particular de compuestos.

4. EL PAPEL DE LA SEMEJANZA EN LA SÍNTESIS QUÍMICA

Tomemos como caso aplicativo un ejemplo de síntesis química, ámbito básico de la teoría y la práctica de esta disciplina. La gran cantidad de nuevas moléculas sintetizadas en función de la demanda industrial y farmacéutica, sin embargo, dificulta en muchos casos la caracterización correcta de las propiedades moleculares, no reducibles por lo general a unos pocos principios simples. Es tarea primordial en el contexto de la síntesis química, por tanto, dar cuenta lo mejor posible de los detalles básicos de las reactividades moleculares.

Para satisfacer un nivel adecuado de exactitud analítica, los químicos han desarrollado un sistema de *géneros reactivos* a partir del cual poder identificar compuestos y predecir su comportamiento químico bajo diversas condiciones. El objetivo del ejemplo que presento a continuación es mostrar que dicho sistema se fundamenta en juicios de semejanza más o menos tácitos, pero inevitables (Monev 2004, p. 8). Se trata de un caso de síntesis que, siguiendo a M. Weisberg,⁵ descompongo en cinco fases:

(1) Partimos de una reacción conocida, la hidrólisis de cloruro de acetilo (CH_3COCl) para obtener ácido acético (CH_3COOH). Se produce en disolución acuosa ácida (H_2O , HCl):

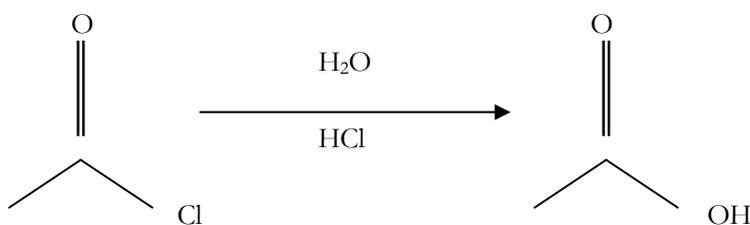


Figura 1

(2) A continuación se plantea el análisis de un material cuya composición molecular exacta se desconoce:

⁵ Contribución ante la *International Society for the Philosophy of Chemistry* (2001) bajo el título de “Can Quine Quine Similarity?”.

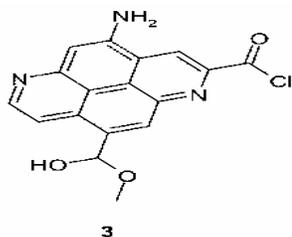


Figura 2

(3) Posteriormente el material desconocido se inserta en un sistema bajo condiciones acuosas con el fin de comprobar si se mantiene intacto o si reacciona. Si las moléculas reaccionan, entonces el principal objetivo consistirá en identificar las reacciones que ocurran. El procedimiento se diseña teniendo en cuenta semejanzas. Es decir, las moléculas de la sustancia desconocida –moléculas a su vez desconocidas– se comparan con moléculas conocidas y catalogadas de modo que las semejanzas relevantes sirvan para predecir el comportamiento de las moléculas ‘nuevas’. En este caso, las nuevas moléculas se comparan con la molécula simple de CH_3COOH por abstracción de sus grupos funcionales. Llamemos R a las partes abstraídas de la molécula desconocida:

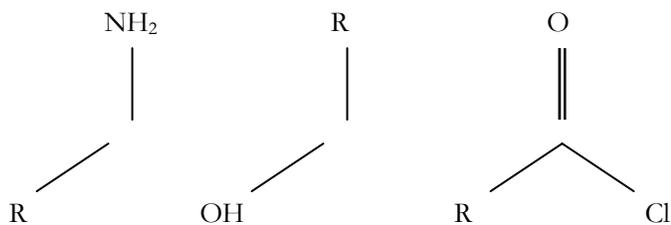


Figura 3

En cada una de las partes abstraídas nos fijaremos únicamente en los grupos funcionales, dado que éstos constituyen las propiedades básicas para comparar químicamente las moléculas.

(4) Durante el proceso de predicción de lo que pueda ocurrir con una molécula desconocida en solución acuosa ácida, sabemos de antemano que las moléculas con los grupos funcionales mostrados en la figura (3) se comportan de un modo determinado. En este caso, el grupo más relevante y activo es el cloruro ácido:

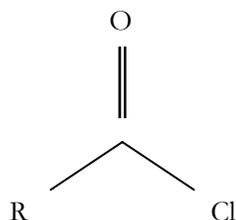


Figura 4

(5) La molécula paradigmática del grupo funcional del cloruro ácido es CH_3COCl , sometida a hidrólisis en condiciones ligeramente ácidas. Esta molécula comparte grupo funcional con la molécula desconocida. Una primera predicción, por tanto, apunta a una reacción hidrolítica hacia el espacio de CH_3COCl , tal y como se puede ver en la siguiente figura:

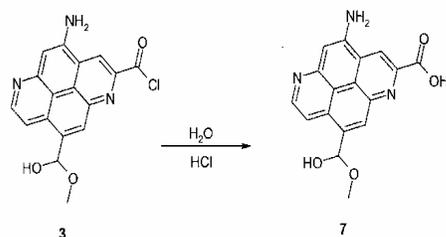


Figura 5

Posteriores avances en la investigación permitirían a los químicos refinar aún más las predicciones acerca del material básico o desconocido. Podrían considerar qué ocurriría en los espacios de los grupos funcionales, o podrían examinar efectos de resonancia, tamaños moleculares o sistemas orbitales. Pero en todos estos casos comenzarían su indagación a partir de consideraciones basadas en juicios de semejanza. Los procesos de abstracción de grupos funcionales, además, también se fundamentan en juicios del tipo (ii) de Quine. Este podría objetar que lo que los químicos hacen en realidad no es sino eliminar la noción de semejanza para sustituirla por un término teórico, a saber, el de grupo funcional. Estudiar la reactividad de una molécula desconocida, podría afirmar Quine, es simplemente confrontar diferentes grupos funcionales, algo que poco tiene que ver con una noción preteórica de semejanza. Considero que, sin embargo, esta posible objeción no está bien dirigida.

La objeción de Quine no tiene en cuenta que los químicos no comparan meramente grupos funcionales, sino también –y básicamente éste es su objetivo– moléculas completas y su comportamiento químico. Cuando se realiza un enunciado de semejanza, el objetivo primordial consiste en predecir algo acerca de una *molécula* como la de la Fig. 2, no algo acerca de un grupo funcional. El hecho de considerar abstracciones en términos de grupos funcionales (Fig. 3) es sólo parte del proceso total de comparación entre moléculas. Determinamos que la molécula de la Fig. 2 y el cloruro de acetilo son semejantes en virtud de sus grupos fun-

cionales porque este procedimiento de comparación es útil en la medida en que nos sirve para identificar un comportamiento químico semejante, no idéntico, entre dos moléculas. Y como es sabido que las transformaciones moleculares ocurren básicamente al nivel de los grupos funcionales, es natural concentrarnos en ellos.

De cualquier modo, y puesto que es la semejanza lo que nos interesa, podríamos generar otra objeción de tipo quineano. Si los grupos funcionales se caracterizan por su enlace entre átomos particulares y por determinadas configuraciones, y si el objetivo parcial de la investigación química es comparar los grupos funcionales, entonces la noción de semejanza se puede descartar debido a que los primeros son criterios suficientemente básicos y sólidos para identificar reactividades.

El error de este condicional, sin embargo, radicaría en que no es cierto que la química sintética tenga por objetivo, ni siquiera parcial, el estudio de grupos funcionales como tales. El análisis de estos es únicamente instrumental, un medio para el análisis más amplio de las propias moléculas como totalidades. Son éstas el objetivo del estudio químico; son sus estructuras, relaciones y su reactividad el fin último de la investigación. Y cuando analizan moléculas, los químicos toman en consideración las semejanzas entre ellas, semejanzas establecidas sobre el aspecto 'grupo funcional'.

5. PRAGMATISMO EXPERIMENTAL ACERCA DE RELACIONES

El compromiso ontológico de Quine es estricto, estimulado por la búsqueda de un inmobiliario austero para el mundo. Objetos físicos y géneros naturales son entidades suficientes en el mundo quineano. Sobra lo eliminable, sobran ante todo las esencias y las relaciones. Todo de acuerdo con una lógica de primer orden para la filosofía, una lógica con variables sólo para las entidades citadas. Los compromisos ontológicos extraordinarios son innecesarios a ojos del nominalismo y del extensionalismo quineanos.

Sin embargo, tanto el *impasse*⁶ en el que el análisis formalista de la noción de semejanza se ha atascado como los avances en el análisis conceptual de la práctica tecnocientífica parecen chocar de frente con las pretensiones de Quine. El caso de la discusión sobre el uso de una relación como la de semejanza es un ejemplo de ello.

Un modo fructífero de enfocar el estudio de la práctica científica y tecnológica consiste en tomar muy en serio el papel desempeñado en aquella por los *experimentos*. El caso actual más notable, el de Hacking (1981, p. 247), recurre a un enfoque *experimentalista* al que subyace un robusto *realismo científico*. Hacking es un realista acerca de entidades, no acerca de teorías. Considera que su análisis de experimentos científicos es un enfoque que respalda tal realismo. Sin entrar a evaluar la fuerza del realismo experimentalista acerca de entidades, mi propuesta aquí también pretende ser experimentalista, si bien no es mi intención discutir cuestiones sobre realismo o antirrealismo. Puestos a etiquetar *á la* Hacking, prefiero presentar mis ideas bajo el rótulo de *pragmatismo experimental*, se trate de relaciones, propiedades, géneros naturales o cualquier otro tipo de concepto que nos ayude a comprender mejor los fundamentos y la práctica real de la ciencia y la tecnología.

⁶ Las críticas –básicamente la de Goodman (1954) y la que aquí tratamos del propio Quine (1969)– en contra de la posibilidad de manejar el concepto de semejanza y sus asociados –propiedad, género natural– desde un prisma filosófico-analítico situaron la cuestión en un *impasse* fatídico. El intento analítico (formalista) más serio por superar el *impasse* es el de Hirsch (1993, p. 209), si bien sus respuestas tampoco han tomado en consideración la práctica tecnocientífica real (experimental) a la hora de procurar comprender cómo la ciencia clasifica y representa los ámbitos fenoménicos. El problema subyacente al análisis en cualquiera de las soluciones propuestas de Quine o Hirsch, radica en la *no naturalidad* de los universos fenoménicos escogidos –limitados a casos artificiales simples basados en ontologías que poco tienen que ver con las que la ciencia habitualmente trabaja–, así como en la utilización de un discurso basado en maneras limitadas –reducidas a lógica deductiva– de representar las cuestiones anejas a la semejanza, los géneros naturales y las propiedades.

Los experimentos proporcionan la suficiente cantidad de datos empíricos adecuados para sostener la tesis de que el uso pragmatista de la relación de semejanza en ciencia es conveniente. Al mismo tiempo, la noción de semejanza se muestra como herramienta válida para la química debido a dos características: por un lado, la semejanza es una noción que facilita la creación de nuevos fenómenos; por otro, es imprescindible para identificar géneros naturales y generar nuevos géneros artificiales interesantes mediante el uso de tecnologías.⁷ La propuesta de Quine se centraba exclusivamente en las teorías científicas, la predicción y cierto tipo de explicación, aunque finalmente resultó no concluyente, como hemos visto. En el contexto de las prácticas experimentales químicas, el uso pragmático de la relación de semejanza resulta inevitable.

Mi objetivo aquí no ha consistido en examinar si la noción de semejanza es más o menos sólida según los patrones de una lógica de primer orden y un marco matemático, o si su carácter real o no real puede tolerar un análisis ontológico de tipo quineano. Al enfocar la cuestión desde una perspectiva experimentalista como la aquí propuesta, podemos reconocer ciertas características que científicos y tecnólogos toman en consideración en su trabajo y que no tienen nada que ver con asunciones o postulados ontológicos de ningún tipo, sino más bien con líneas de trabajo prácticas, pragmáticas y epistémicas. Lo relevante en el caso

⁷ La noción de semejanza es fundamental para establecer patrones de clasificación basados no en esencias que *solamente* la teoría física puede determinar, sino en *aspectos* relevantes, prácticos para el científico, de modo que las clases obtenidas representen realmente conceptos relevantes de los dominios empíricos bajo investigación (Hacking 1999, pp. 212-217). Ni el agua es simplemente H₂O, por ejemplo, ni un género natural está determinado exclusivamente por su estructura interna de modo estático. La interacción con los experimentos de laboratorio es necesaria: identificar agua con H₂O no sirve de mucho en un contexto complejo como el del laboratorio químico; saber que el agua se manifiesta en diferentes fases y que se puede manejar de maneras distintas según sea líquida, sólida o gaseosa es algo mucho más práctico que el conocimiento de supuestas esencias estructurales.

del uso químico de la semejanza dirigido a saber si es posible crear géneros como los basados en los grupos funcionales es ver si la semejanza misma es útil o no en tal tarea. La utilidad, el carácter de instrumento de una noción, se puede dirigir y aplicar a objetos o entidades, pero también a propiedades como las que Quine rechaza. Es decir, a relaciones, propiedades e incluso esencias. La relación de semejanza es útil en una ciencia como la química; la esencia estructural H_2O no lo es fuera de la física. Por lo tanto, el contexto asigna utilidades. Y en este escenario no queda espacio para una metafísica que aporte algo a la comprensión de la ciencia o la tecnología.

Las esencias por lo general no son buenas compañeras de viaje para científicos y tecnólogos en su afán por manipular e intervenir en el mundo. Habrá esencialistas que piensen que lo que ahora no es una esencia tal vez lo sea en un futuro próximo. La búsqueda de lo estable, de patrones estructurales o de invariaciones parece ser un ideal al que el conocimiento científico pretende llegar. Pero esta afirmación es muy dudosa. Los esencialistas –o invariacionistas u objetivistas recalcitrantes– adoptan lo mismo que los realistas acerca de teorías, a saber: los principios peirceanos de fe, esperanza y caridad (Hacking 1982, p. 249). El experimentalismo pragmatista, al igual que el realismo acerca de entidades, no necesita sin embargo de tales virtudes. Es preferible mirar hacia el trabajo en el laboratorio, enfocar la investigación sobre el diseño y construcción de dispositivos –materiales, pero también teóricos– mediante la manipulación y el uso de, por ejemplo, una relación útil como lo es la semejanza. Si el formalista duda de la validez (formal) de esta relación, si el ontólogo austero desea llevar a cabo una deflación en su mundo, basta decir que los procesos de medición, la recolección de datos, el uso de instrumentos, las conceptualizaciones cualitativa y cuantitativa, o que el uso cualitativo de algunas relaciones –en definitiva, la práctica real de la tecnociencia– constituyen el modo de medir la validez y autoridad de lo que cuenta o no cuenta como parte de lo que consideramos es el mundo. Tratar de expulsar del reino ontológico aquellos conceptos real-

mente útiles para la tecnociencia actual, para las disciplinas que realmente trabajan con ellos, sería absurdo. Los griegos no pudieron obligar al mundo a rechazar medidas inconmensurables; no tenía sentido evitar a toda costa $\sqrt{2}$ para que nuestra ontología no sufriera la fealdad de algunas grietas. Hoy tampoco lo tiene forzar a los químicos a no hablar de semejanzas bajo la absurda amenaza filosófica de expulsarlos de la república científica. Si aún se hace, es porque quedan filósofos en torres de marfil. Y las torres de marfil no existen.

Si contáramos con una teoría específica que nos permitiera desechiar el uso de una noción como la de semejanza a favor de una noción teórica específica, el argumento eliminativo de Quine tendría cierto sentido. Pero en ciencia y tecnología hay innumerables casos de relaciones o nociones que se utilizan sin una teoría clara que las respalde. Es por ello que la práctica real de estas disciplinas debilita en gran medida el argumento quineano. Tanto la filosofía de la tecnología como la más novedosa acerca de la ingeniería muestran la especial pertinencia de las prácticas –incluidas las lingüísticas– y de los medios no-proposicionales para el conocimiento y para una comprensión adecuada de la ciencia, la tecnología, sus modos de investigar y sus resultados.⁸ No está claro si una ciencia se puede considerar madura en virtud únicamente de si la respalda una teoría robusta. Carnap, Popper, Quine y otros filósofos de la ciencia del siglo XX defendieron un modo excesivamente parcial e idealizador

⁸ Véanse como ejemplos paradigmáticos al respecto las propuestas de Davis Baird en *Think Knowledge* (2004), de Luis Bucciarelli en *Engineering Philosophy* (2003), de Stephen Cutcliffe en *Ideas, Machines, and Values* (2000), de Carl Mitcham y Shannon Duvall en *Engineer's Toolkit: Engineering Ethics* (2000), o de Joseph Rouse en *How Scientific Practices Matter* (2002). Por citar solamente un ejemplo, Baird señala sobre los dispositivos científicos materiales que son “epistemologically important, something that a purely literary description misses. The epistemological products of science and technology must include such stuff, not simply words and equations. In particular, they must include instruments such as Faraday's motor” (2004, p. 4).

de comprender la ciencia. Ciencia y tecnología avanzan a su modo y procuran obtener resultados prácticos que la filosofía no debería evitar en sus reflexiones. Si todavía consideramos que la ciencia y la tecnología son ámbitos representativos de un modelo racional –o, al menos, de los más razonables– para conocer, vivir en y actuar sobre el mundo que nos rodea, entonces, y ante todo tras las sugerencias de Kuhn, el filósofo hará bien en tenerlas en cuenta.

REFERENCIAS

- BAIRD, D. *Thing Knowledge*. Berkeley: University of California Press, 2004.
- BOYD, R., GASPER, P., TROUT, J.D. (eds). *The Philosophy of Science*. Cambridge, MA: The MIT Press, 1993.
- BRANDOM, R. B. (ed). *Rorty and His Critics*. Malden, MA: Blackwell, 2000.
- BROWN, T. L., LeMAY, E. *Chemistry: The Central Science*. New Jersey: Prentice-Hall, 1977.
- BUCCIARELLI, L. L. *Engineering Philosophy*, Delft: Delft University Press, 2003.
- CARBÓ-DORCA, R. (ed). *Molecular Similarity and Reactivity: From Quantum Chemical to Phenomenological Approaches*. Dordrecht: Kluwer, 1995.
- CARBÓ-DORCA, R., CALABUIG, B. “Quantum Similarity Measures, Molecular Cloud Description and Structure-Properties Relationships”. *Journal of Chemical Informational Computation*, 32, pp. 16-19, 1992.
- CARNAP, R.. *The Logical Structure of the World. Pseudoproblems in Philosophy*. Berkeley: University of California Press, 1928. Traducido por Rolf A. George, 1967.

- . *Logical Foundations of Probability*. Chicago: The University of Chicago Press, 1950.
- CUTCLIFFE, S. H. *Ideas, Machines, and Values: An Introduction to Science, Technology, and Society Studies*. Lanham, MY: Rowman & Littlefield, 2000.
- DENNETT, D. C. “Quining Qualia”. In: A. I. GOLDMAN (ed.) (1993), pp. 381-414.
- . “The Case for Rorts”. In: R. B. BRANDOM (ed.) (2001), pp. 91-101.
- GOLDMAN, A. I. (ed). *Readings in Philosophy and Cognitive Science*. Cambridge, MA: The MIT Press, 1993.
- GOODMAN, N. *The Structure of Appearance*. Dordrecht: Reidel, 1951. Reedición de 1977.
- . *Fact, Fiction, and Forecast*, Cambridge, MA: Harvard University Press, 1954.
- HACKING, I. “Experimentation and Scientific Realism”. In: R. BOYD, P. GASPER, J. D. TROUT (eds.) (1993), pp. 247-260.
- . *The Social Construction of What?* Cambridge, MA: Harvard University Press, 1999.
- HIRSCH, E. *Dividing Reality*. Oxford: Oxford University Press, 1993.
- LAKOFF, G., JOHNSON, M. *Philosophy in the Flesh: The Embodied Mind and Its Challenge to Western Thought*. New York: Basic Books, 1999.
- LAWSON, A.J. “Organic Reaction Similarity in Information Processing”. *Journal of Chemical Information and Computer Sciences* 32, pp. 365-367, 1992.
- MITCHAM, C., SHANNON DUVALL, R. *Engineer’s Toolkit: Engineering Ethics*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2000.

- MONEV, V. "Introduction to Similarity Searching in Chemistry". *Match-Communications in Mathematical and in Computer Chemistry*, 51, pp. 7-38, 2004.
- PONEC, R., STAND, M. "Similarity ideas in the Theory of Pericyclic Reactivity". *Journal of Chemistry and Computer Sciences*, 32, pp. 64-72, 1992.
- QUINE, W. v. O. *Word and Object*. Cambridge, MA: The M.I.T. Press, 1960.
- . 1969. "Natural Kinds". In: QUINE, W. v.O. (1969), pp. 114-138.
- . *Ontological Relativity and Other Essays*. New York: Columbia University Press, 1969.
- . *Pursuit of Truth*. Cambridge, MA.: Harvard University Press, 1990.
- ROUSE, J. *How Scientific Practices Matter: Reclaiming Philosophical Naturalism*. Chicago: The University of Chicago Press, 2002.
- SIGGIA, S., HANNA, J. G. 1949. *Quantitative Organic Analysis via Functional Groups*. New York: John Wiley and Sons, 1949. Reedición de 1979.