Globethics Repository



Sentido y límites de la racionalidad en la química [Meaning and limits of rationality in chemistry]

This page was generated automatically upon download from the Globethics Repository. More information on Globethics see https://www.globethics.net. Data and content policy of Globethics Repository see https://repository.globethics.net/pages/policy.

Item Type	Article
Authors	Flores Hernández, Luis
Publisher	Facultad de Filosofía y Humanidades.Universidad de Chile
Rights	Creative Commons Copyright (CC 2.5)
Download date	2026-11-26 09:36:21
Link to Item	http://hdl.handle.net/20.500.12424/228029

Revista de Filosofía
Volumen 64, (2008) 183-191

SENTIDO Y LÍMITES DE LA RACIONALIDAD EN LA QUÍMICA[1]

Luis Flores Hernández
Pontificia Universidad Católica de Chile
lfloresh@puc.cl

Resumen

Me circunscribo a la química, en cuanto ciencia empírica natural. Aquélla comprende el mundo como totalidad de fenómenos químicos y abstrae de estos los objetos químicos. Examino los confines de la química, entendidos como límites estructurales, cognitivos y a priori. Ahora bien, la investigación química se realiza en campos de experimentación observacional, donde interactúan el observador químico, el lenguaje científico (tecnolecto) de la química, los sensores químicos y los fenómenos químicos. Por lo tanto, examino los confines de cada uno de estos factores.

Palabras clave: química, fenómeno y objeto químicos, campo de experimentación observacional, observador químico, tecnolecto químico, sensor y fenómeno químicos; confín como límite estructural, cognitivo y a priori.

Abstract

I restrict myself to Chemistry, as a natural empirical science. That one understands the world as a totality of chemical phenomena and it abstracts from these one the chemical objects. I examine the boundaries of Chemistry, as structural, cognitive and a priori limits. Now then, chemical research takes place as observation-experimentation fields, where chemical observer, scientific language of Chemistry, chemical sensors and phenomena interact. Therefore, I examine the boundaries of everyone of these factors.

Keywords: *Chemistry; chemical phenomenon and object; observation experimentation field; chemical observer, scientific language of Chemistry; chemical sensor and phenomenon; boundary as structural, cognitive and a priori limit.*

[1] Este artículo ha sido escrito como parte del Proyecto Fondecyt Nº 1050873. Marzo 2008. Agradezco los comentarios del Prof. Dr. Alejandro Toro de la Facultad de Química de la PUC y de la Academia de Ciencias.

Preguntarse por el sentido y los límites de la Química es infrecuente en la Filosofía de las Ciencias, pero resulta un camino novedoso y arriesgado. El químico teórico José Luis Villaveces se pregunta: "¿Por qué los filósofos de la ciencia se interesan tan poco por la Química?"(Villaveces 2000, p.9) Y constata que "los trabajos de filosofía de las ciencias se consagran en una inmensa mayoría a la filosofía de la física y en una minoría a la filosofía de la biología" (Idem, ibíd.). Por lo tanto, a mi juicio, desarrollar una epistemología de la química significa atender al eslabón perdido entre la física y la biología. Al respecto, O. Lombardi y M. G. Labarca se preguntan por qué la química ha sido en gran medida ignorada por los filósofos de la ciencia (Lombardi y Labarca 2004, p.51). Y señalan: "Si bien la química siguió un desarrollo independiente de la física, el impactante éxito de la mecánica cuántica llevó a suponer que la química puede reducirse completamente a la física" (ídem, ibíd). Así, "mientras que la física es concebida como una ciencia 'fundamental' que describe la realidad en sus aspectos más profundos, la química resultaría ser una ciencia meramente 'fenomenológica' que sólo describe los fenómenos tal como se nos presentan"(Lombardi y Labarca, p. 52). Plantean finalmente que la defensa de la autonomía de la química y de la legitimidad de la filosofía de la química "exige una perspectiva filosófica radicalmente diferente que permita el rechazo no sólo de la reducción epistemológica, sino también de la reducción ontológica" (ídem, ibíd).

Entiendo la química como "la ciencia que estudia la composición, la estructura y las propiedades de las substancias, y las reacciones por las que una de éstas se convierte en otra" (Spencer, Bodner y Richard 2000, p. 1). Ahora bien, todas las sustancias son materia y, para la química, "la materia se define como todo lo que tiene masa y ocupa espacio" (ídem, p. 4). En otra versión de la definición de la química, J. Schummer sostiene que la química atinge a redes químicas, cuyos nudos o nodos son las sustancias puras y que la forma de referirse a ellas es mediante las fórmulas estructurales (Schummer 1998). A su vez, la materia se divide en sustancias puras y mezclas. Las primeras en elementos y compuestos. A su vez, los elementos se subdividen en elementos atómicos y elementos moleculares. Y los compuestos se subdividen en compuestos moleculares y compuestos iónicos. Las sustancias puras tienen composición constante, a diferencia de las mezclas. A su vez, los compuestos contienen más de un elemento combinado químicamente en proporciones fijas. Dividir los compuestos supone acceder a la molécula, entendida como grupo "de átomos enlazados entre sí, que existe en forma de una partícula discreta" (Spencer, Bodner y Richard 2001, p. 5).

Según otra versión más actual de la definición de molécula, ésta "*is a collection of atoms with characteristic properties linked by a network of bonds that impart a structure*" (Bader 2005, p. 819). Entonces, los compuestos pueden ser moleculares, si están formados por partículas eléctricamente neutras, o bien iónicos, "que están formados por partículas con cargas eléctricas positivas y negativas, las cuales forman una red tridimensional, y no son partículas discretas como en las moléculas" (Spencer, Bodner y Richard 2001, p. 6). Ahora bien, una noción crucial en química es la de átomo, la cual supone partículas subatómicas como los electrones, los protones y los neutrones. Estos dos últimos conducen a partículas más pequeñas, llamadas quarks.

El número atómico designa la cantidad de protones en el núcleo del átomo. Por lo tanto, la cantidad de protones en el núcleo de un átomo es lo que determina la *identidad* del átomo. Una noción asociada a lo anterior es la de número masa, consistente en la suma de protones y neutrones en el núcleo del átomo.

Independientemente de los aspectos de aplicación y tecnológicos de la química, ésta es una ciencia teórica con pleno valor cognitivo. Concuerdo con A. Tontini cuando afirma: "*Assembling a molecule is first of all a cognitive act. Any chemical synthesis bears evidence of a formal disposition inherent in matter* ***independently of human thought or will***" (Tontini 2004, p. 9).

La química como ciencia experimental se constituye con observadores-experimentadores químicos que detectan fenómenos químicos mediante sensores químicos y mediante un tecnolecto químico. La investigación química se expresa en campos observacionales-experimentales, donde interactúan observadores, fenómenos, sensores y tecnolectos. Sin embargo, estos sistemas finitos de interacción toman la forma de, por ejemplo, laboratorios, donde dichos factores interactúan.

Examinaré el comportamiento de estos sistemas, en cuanto poseen límites estructurales, esto es, descriptivos; cognitivos, es decir, relacionados con el conocimiento; y a priori, esto es, independientes de la experiencia. Llamo confines a los límites que son a la vez estructurales, cognitivos y a priori.

Ahora bien, la química realiza procesos de abstracción, más aun, de idealización para establecer objetos en el sentido teórico. Entonces, la química no solo se puebla de átomos, protones, neutrones y electrones, sino también de isótopos, metales, no-metales, y semimetales (metaloides). H_2O y NaCl son objetos puros, abstraídos de los fenómenos químicos. Y estos son ya recortados de los entes reales de la vida cotidiana: el agua, el agüita, la sal de mesa.

El observador en química no es puramente contemplativo, pues o establece un comportamiento experimental intencional respecto de los fenómenos o, *malgré lui*, no puede dejar de afectarlos. En el nivel cuántico, el observador químico afecta el movimiento de lo observado y, más aun, lo afecta en su temperatura, pues le extrae energía. En ese sentido, ni el observador puro ni el experimentador puro existen, pues son límites asintóticos.

Examino entonces los confines de cada uno de los factores considerados en cualquier campo observacional-experimental de la química. En primer lugar, en lo que se refiere a los confines del observador:

1. Todo observador químico está inscrito en un contexto político, social y económico, cuyo contenido material es históricamente cambiante y contingente, pero su presencia como factor formal es constante e inevitable. La investigación de Pasteur está relacionada con la industria de la cervecería y de los quesos. Lavoisier es nombrado "regisseur des poudres et salpêtres" y entonces instala su laboratorio, uno de los centros científicos más prestigiosos de Europa, en el Arsenal de París.

2. Todo observador químico está inscrito en un horizonte cultural. Véase en Lavoisier cómo la creación de un nuevo lenguaje para la química es posible por la influencia del filósofo Etienne Bonnot, abate de Condillac, en cuanto que para éste la ciencia es una lengua perfecta. En el *Discours préliminaire de su Traité élémentaire de Chimie,* Lavoisier dice: "*C'est en m'occupant de ce travail, que j'ai mieux senti que je ne l'avois, encore fait jusqu'alors, l'évidence des principes qui ont été posés par l'Abbé de Condillac dans sa logique,& dans quelques autres ouvrages… Et en effet tandis que je croyais ne m'occuper que de Nomenclature, tandis que je n'avois pour objet que de perfectionner le langage de la Chimie, mon ouvrage s'est transformé insensiblement entre mes mains, sans qu'il m'ait été possible de m'en défendre, en un Traité élémentaire de Chimie*".
3. Todo observador se inscribe en un estadio de desarrollo de la química, que puede tomar la forma de paradigma (Kuhn) o de *research-program* (Lakatos). Lavoisier inaugura una química neumática en la que el rey sol es el oxígeno y en la que el flogisto se bate en retirada a partir de 1783. Finalmente, aunque propiamente no se puede hablar aún de ciencia química, no da lo mismo ser un observador en la atomística griega de Leucipo y Demócrito que en la alquimia medieval.
4. El observador químico no es impermeable a las interacciones con el fenómeno químico observado. Este afecta inevitablemente al observador. Si éste desarrollara una protección completa, ni siquiera el fenómeno químico podría ser advertido.
5. El observador químico está estructurado con capacidades gnoseológicas universales e individuales. La mente del químico establece conceptos como metal, no-metal y semimetal (metaloide). Y estos conceptos pueden estar fundados en estructuras categoriales más ínsitas a la mente (véase las categorías de Kant). Las capacidades individuales tienen que ver con el éxito o el error humano. Ya J. H. Lambert, en su *Photometria* de 1760 hablaba de "los fallos de la observación". A. Tontini hace suyo este límite, señalado antes por el cosmólogo J. B.Hartle: "*a third kind of limit [concerning] our ability to know theories through the process of induction and test*" (Tontini 2004, p. 2).

En cuanto a los sensores químicos, tomemos el ejemplo del microscopio de barrido por tunelaje:

1. Todo microscopio posee una resolución dentro de un rango. El rango por definición no es nulo, ni es infinito. Este rango es siempre mejorable tecnológicamente, pero es siempre un segmento, por ende, finito.
2. La precisión nunca es total, es solo aproximativa. Así, el concepto de aproximación deviene altamente significativo: "*The issue of approximations is mostly neglected in the philosophy of science, and sometimes misinterpreted. The paper demonstrates that approximations are in fact in the core of some recent discussions in the philosophy of chemistry: on the shape of molecules, the Born-Oppenheimer approximation, the role of orbitals, and the physical explanation of the Periodic Table of Elements*" (Ostrowsky 2005, p. 101).

3. El fenómeno químico ocurre en t, pero a través del circuito del sensor químico, el ojo humano registra en t', por lo tanto, hay siempre un desfase y, por ende, la información no es simultánea. Este límite cobra especial importancia en la microquímica y en la emergente nanotecnología
4. La calibración de un microscopio de este tipo es solo aproximada y sería perfecta solo en un microscopio ideal de barrido por tonelaje. Todo microscopio real existe en un contexto real (por ejemplo, un laboratorio), el que supone siempre interferencias en el sensor químico.
5. La impermeabilidad del microscopio en cuestión a las interferencias del fenómeno y del observador químico es solo relativa. No es posible neutralizar totalmente los efectos del entorno ambiental del sensor químico. Si fuera posible, entonces el fenómeno químico no sería captable.
6. La tecnología de este microscopio de barrido por tunelaje supone la óptica cuántica como condición de posibilidad. Por lo tanto, es imposible una captación neutra de los fenómenos químicos sin presuposiciones teóricas. Esta tesis ha sido confirmada por D. Baird: "*over time, scientific knowledge becomes embedded in instruments in ways that allow the instruments to survive the replacement of theories*" (Pitt 2005, p. 98).

Junto al microscopio de barrido por tunelaje, han existido y existen otros sensores en la química, respecto de los cuales hay que examinar sus límites específicos: el espectroscopio, el colorímetro, la balanza analítica, el polarímetro, las sondas basadas en proteínas fluorescentes verdes, etc.

En el caso del lenguaje de la química, hay un filtro simbólico para registrar y clasificar los fenómenos químicos. Por ejemplo, el sistema periódico de Mendeléiev está estructurado por el número atómico, esto es el número de protones del núcleo, y he ahí la identidad de los elementos. La fórmula química H_2O establece un simbolismo para una estructura ideal, que no es el agua real del río o del lavabo. En el simbolismo del sistema periódico de los elementos, los renglones constituyen períodos y las columnas representan grupos o familias, porque tienen propiedades químicas parecidas. El lenguaje de la química es reconocido como científico, a pesar de no ser tan sofisticado como el de la física: "*Despite its formalism being quite unsophisticated compared to that of physics, the language of synthetic chemistry can be considered as a genuinely scientific language*" (Tontini 2004, p. 4).

Si bien la química requiere del lenguaje matemático, no es evidente que éste tenga que ser el de las ecuaciones diferenciales. Más aun, la topología se revelaría como lenguaje de relevo: "El conjunto de las substancias químicas parece más bien ser un espacio topológico en el cual las relaciones de pertenencia a una clase, de vecindad o relación jerárquica de clases etc. son más importantes que las diferenciales. Esta parece ser la estructura matemática presente detrás de la tabla periódica y la que explicaría que la predicción se hizo posible cuando se consideró el conjunto de todos los elementos y las clases de equivalencia entre ellos" (Villaveces 2000, p. 22).

En suma, la estructura química no correspondería tanto a un objeto químico rígido, sino a un objeto topológico (Villaveces 2000, p. 23).

Siguiendo a Schummer y a Tontini, se podría señalar que el lenguaje actual de la química manifiesta un límite al menos fáctico, que no necesariamente es de principio: "*The network of convertibility relationships chemists have constructed, [Schummer] convincingly argues, is actually a very limited one, since chemists can only study reactions between pure substances. In principle, a richer frame of knowledge could be constituted, were they capable of establishing empirical relations between quasi-molecular species (i.e. ionized forms, different conformational states, van der Waals or dipolar complexes formed by molecules*)" (Tontini 2004, p. 7). Sin embargo, respecto de si la debilidad predictiva es solo un rasgo pasajero de la teoría química o una característica constitucional de la química, que surge como una consecuencia directa del modo cómo la química investiga, A. Tontini se pronuncia por la segunda hipótesis: "*Chemical language will permanently be deficient in predictive power and unexpected results will never be eliminated from chemical research*" (Tontini 2004, p. 12).

La Tabla Periódica de los Elementos, entendida como estructura simbólica, no es un catálogo, sino la expresión de una ley: la ley periódica. Según J. L. Villaveces, la Tabla es un poderoso microscopio que permitió por primera vez mirar al interior del átomo. Así nos dice que: "Hay una distancia enorme entre un microscopio y un catálogo. ¿Cómo puede el instrumento que nos permitió ver por primera vez el interior del átomo haber perdido toda su fuerza hasta convertirse en esto?" (Villaveces 2001). En esta misma línea de argumentación, J. R. Christie y M. Christie sostienen la misma tesis: "*We are in full agreement about the periodic law as a central law in the corpus of chemical knowledge* (Christie 1994). *Too often, at least in the English speaking countries, Mendeleev's work is presented in terms of the Periodic Table, and little or no mention is made of the periodic law. This leads too easily to the view (a false view, we would submit), that the Periodic Table is a sort of taxonomic scheme: a scheme that was very useful for nineteenth century chemists, but had no theoretical grounding until quantum mechanics, and notions of electronic structure came along*" (Christie and Christie 2003, p. 170). Discrepo acerca de la metáfora de la Tabla Periódica como microscopio, porque es más que un mero sensor. Se podría aceptar que es un microscopio *teórico* o *ideal*.

En cuanto al fenómeno químico, corresponde a la materia que se transforma, a diferencia del fenómeno físico en que la materia no se transforma (exceptuando a la velocidad de la luz, la masa deviene energía: $e = m \cdot c^2$). El fenómeno químico supone una cierta realidad observable de acuerdo con ciertos parámetros, mediante los sentidos o los sensores. Veamos entonces los confines del fenómeno químico:

1. El fenómeno químico es neutro, pues está desprovisto de toda connotación valórica, de toda jerarquía. No hay fenómenos más nobles que otros. En el sentido propio, no hay gases nobles (término para referirse a los gases inertes) ni gases plebeyos. Es el paso de la alquimia a la química moderna, porque la primera supone aun jerarquías de valor en los entes estudiados.

2. El fenómeno químico es mensurable. Ya Lord Kelvin había establecido: "*Science is measure*". Entonces, la quimiometría es condición de posibilidad del fenómeno químico. Sin embargo, hay aspectos cualitativos en la química: vgr. los colores desde el punto de vista fenomenológico, no como longitud de onda.
3. El fenómeno químico es temporal. Por lo tanto, no hay dos reacciones químicas exactamente iguales y nunca se vuelven a repetir. Esta dimensión de la temporalidad no ha sido suficientemente asumida por los químicos. Véase la crítica de Schummer: "*chemists, unlike physicists, have neglected the dynamic notion of nature*" (Schummer 2003, p. 705). Ilya Prigogine es quien ha enfatizado últimamente la cuestión del tiempo en la química.
4. El fenómeno químico es alterable según las influencias del observador y del sensor químicos. Solo podemos controlar el efecto dentro de ciertos rangos, pero no eliminarlo. En el nivel cuántico, opera el principio de incertidumbre de Heisenberg.
5. El fenómeno químico adquiere una espacialidad única, pero la química renuncia a esta descripción inacabable de un evento químico individual. No hay ciencia de lo individual, ya sostenía Aristóteles. Sin embargo, la vecindad espacial es muy decisiva en la química.
6. Hay constantes de los fenómenos químicos, como la de Avogadro (el número N de moléculas en una molécula-gramo (mol) es igual a $6{,}0221 \cdot 10^{23}$). Entonces cabría preguntarse si esta constante es necesariamente válida en cualquier parte del Universo.
7. El fenómeno químico admite una complejidad que resiste a la influencia fuerte que el fisicalismo ha tenido a partir de la físico-química. La aplicación de los métodos de la física a los problemas químicos es legítima, pero solo hasta un cierto nivel. Su aplicación excesiva deja fuera la complejidad del fenómeno químico. La aplicación de la mecánica cuántica a la química desde 1926 marca un punto de inflexión con el uso generalizado de la aproximación Born-Oppenheimer. Sin embargo, Hans Primas "argumenta con mucho rigor cómo los principales conceptos de la química permanecen inexplicados por la química cuántica y cómo hay problemas fundamentales que deben ser resueltos aún" (Villaveces 2000, p. 19). Villaveces concluye de un modo significativo diciendo que "la química no ha podido ser reducida a la física y cada vez son más quienes creen que éste es un imposible ontológico y metafísico" (Villaveces 2000, p. 21). A nuestro juicio, la cuestión reside en mostrar en qué consiste la emergencia de la química respecto de la física. Hay autores que aceptan una irreductibilidad de *facto* de la química, pero que dejan abierto una reductibilidad de principio (*in principle*): "*Reduction of chemistry to physics is a partial success and a partial failure. Reducibility probably works in principle. Mosts chemists believe that their systems are rigidly governed and completely explained in principle by underlying physical laws. But any practical programme fails in the realm of intractability. It is possible neither to verify the rigid applicability of physical to chemical systems nor to deduce the detail of chemical properties and behaviors from the underlying physical principles*" (Christie and Christie 2003, p. 167). Desde mi punto de vista, la reductibilidad principial es al menos discutible.

Lombardi y Labarca distinguen entre reducción ontológica y reducción epistemológica (Lombardi y Labarca 2004, p. 53). Sostienen que parece haber un consenso entre los filósofos de la química, respecto de la relación entre la química y la física: "la reducción epistemológica debe ser rechazada, pero la reducción ontológica no puede negarse" (ídem, p. 57). Sin embargo, señalan que el rechazo de la reducción epistemológica de la química a la física es insuficiente para evitar la subordinación de aquélla a ésta. Y plantean, basándose en el realismo internalista de Putnam y, en el consecuente pluralismo ontológico, que es posible una autonomía ontológica de la química, fundada en la dependencia de los objetos respecto de los esquemas conceptuales, sin que suponga el realismo externalista, o el relativismo radical (ídem, pp. 58-68).

Sin embargo, a propósito de la relación entre la química y la física, cabe señalar, en defensa de la aplicación de la mecánica cuántica a la química, que dicha aplicación no es tan simple. Algunos teóricos de la química como R. F. W. Bader, apoyando la tesis de que la mecánica cuántica es fundamento la química, critican las aplicaciones indebidas: "*The solution to the problem requires first that one abandons orbital and Hilbert space in the search for conceptual chemistry. Atoms and structure exist in real space –the space of observation and measurement. Wave functions and orbitals on the other hand, are mathematical functions expressed in terms of a linear superposition of elements in the abstract Hilbert space, a dual vector space of infinite dimension*" (Bader 2005, p. 821). Y añade que, desde 1927, "*interpretive chemistry has been steeped in the language of wave functions and orbitals, an approach that necessarily precludes establishing any connection to atoms and structure that occur in real space*" (ídem, ibíd). Para hacer posible un mayor acercamiento de la mecánica cuántica a la química, estimo esencial la siguiente afirmación: "What is required is a quantum mechanics of an atom in a molecule" (ídem, ibíd). Es fundamental aquí la cuestión del contexto molecular del átomo y sus correspondientes consecuencias.

Otro aspecto de la complejidad del fenómeno químico es que se resiste a ser predicho totalmente por insuficiencia de las representaciones químicas. En los términos de A. Tontini, se trata de pobreza versus sutileza: "*Unfortunately, however a structural formula is poorly informative about subtle processes (conformational and ionization equilibria, formation of aggregates or transient complexes with other – e.g. water – molecules, etc.). that are governed by the 'internal' properties of the molecules*" (Tontini 2004, p. 13). Ahora, éste podría ser un límite insignificante si no sucediera que "*biological processes are regulated precisely by that type of processes*" (Tontini, ibíd.). En consecuencia, este límite afectaría no solo a la comprensión misma de la química, sino también a la de la bioquímica.

8. El fenómeno químico surge en un contexto de transformaciones (sintetizaciones); sin embargo, parece haber límites, no en las cantidades de sintetizaciones, sino en el tipo de las mismas: "*This may be integrated by saying that while there appears to be no limitations as to how many structures chemists can synthesize, there seem to exist restrains as to what structures they can synthesize*" (Tontini 2004, p. 9).

Referencias bibliográficas

Asimov, I. (1992), *Nueva guía de la ciencia*. Barcelona: Plaza Janés Editores, S.A.

Bader, R.F.W. (2005), "The Quantum Mechanical Basis of Conceptual Chemistry", *Monatshefte für Chemie*. **136**: 819-854.

Christie, M. (1994), "Philosophers versus Chemists Concerning the 'Laws of Nature'". *Studies in History and Philosophy of Science*. **25**: 613–629.

Christie, J. R. and Christie, M. (2003), "Chemical Laws and Theories: a Response to Vihalemm", *Foundations of Chemistry*. Vol. 5, Nº 2, pp. 165-174.

Crosland, M. P. (1988), *Estudios históricos en el lenguaje de la química*. México: UNAM.

Dagognet, F. (1973), *Ecriture et iconographie*. Paris: Librairie Philosophique J. Vrin.

Lombardi, O. y Labarca, M.G. (2004), "En defensa de la autonomía ontológica del mundo químico", *Diálogos*. Año XXXIX. **84**: 51-70.

Ostrovsky, V. N. (2005), "Towards a Philosophy of Approximations in the 'Exact' Sciences", *HYLÉ. International Journal for Philosophy of Chemistry*. Vol. 11, Nº 2, pp. 101-126.

Pitt, J. C. (2005), "HYLÉ Book Review: David Baird: *Thing Knowledge: A Philosophy of Scientific Instruments*, University of California Press, Berkeley, 2004", *HYLÉ*. Vol. 11, Nº 1, pp. 97-99.

Spencer, J. N., Bodner, G. M. y Richard, L. H. (2000), *Química. Estructura y Dinámica*. México: Compañía Editorial Continental.

Schummer, J. (1998), "The Chemical Core of Chemistry I: A Conceptual Approach", *HYLÉ*. Vol.4, Nº 2, pp. 129-162.

_____ (2003), "The notion of nature in chemistry", *Studies in History and Philosophy of Science*. **34**: 705-736.

Tontini, A. (2004), "On the Limits of Chemical Knowledge", *HYLÉ*. Vol. 10, Nº **1**: 23-46. Dado que la versión electrónica del artículo no posee paginación, he citado conforme a la paginación de la impresión.

Villaveces, J. L.(2000), "Química y Epistemología, una relación esquiva", *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*. Vol.1, Nos 2-3, pp. 9-26.

_____ (2001), "La Tabla Periódica: un microscopio para ver el interior del átomo", *Deslinde*. Nº 29.