

Libro de resúmenes de las VI Jornadas de Fundamentos de Química 2025

VI Jornadas de Fundamentos de Química

1 y 3 de octubre 2025
en modalidad de videoconferencia



 Facultad de Ciencias
UNER de la Alimentación



Informes:



<http://www.filoexactas.exactas.uba.ar/jfq2025>

Actividad gratuita



Organizadas en la Universidad Nacional de Entre Ríos por:
Horacio Martínez, Luz Zapata, Martín Labarca y Sebastián Fortín



Martínez, Horacio; Zapata, Luz; Labarca, Martín; Fortin, Sebastian
Libro de resúmenes de las VI Jornadas de Fundamentos de Química / Martínez, Horacio; Zapata, Luz; Labarca, Martín; Fortin, Sebastian (Editores). 1º edición electrónica, Grupo de Filosofía de la Química de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina, 2025.

1. Filosofía de la química. 2. Historia de la química. 3. Fundamentos de la química.

Título: Libro de resúmenes de las VI Jornadas de Fundamentos de Química
Editores: Martínez, Horacio; Zapata, Luz; Labarca, Martín; Fortin, Sebastian
Editorial: Grupo de Filosofía de la Química de Buenos Aires
Lugar: Buenos Aires, Argentina
Año: 2025

Diseño editorial: Sebastian Fortin
Diseño de portada: Martínez, Horacio; Zapata, Luz
Coordinación editorial: Sebastian Fortin y Martín Labarca
Corrección: Martín Labarca

Impreso en Argentina

Printed in Argentina

Las opiniones expuestas en los trabajos publicados en esta colección son de la exclusiva responsabilidad de sus autores.

Índice

Programa	5
“Experimentos, instrumentos y conceptos químicos: ¿Qué sucede si desaparece uno de ellos en la enseñanza de la química?” - Álvaro García Martínez	7
“El rol del/la Profesor/a Adscriptor/a en la formación de futuros/as docentes: desafíos y debates” - Silvia Loureiro	10
“Descubrimiento en química: el aislamiento del agua pesada” - Hernan Accorinti y Juan Camilo Martínez González	13
“La naturaleza de los ácidos y el esencialismo de clases naturales” - Jesus Alberto Jaimes Arriaga	15
“Aportes para pensar la naturaleza de los modelos químicos” - Rodolfo Vergne y Natalia Ordenes	16
“Algunas cuestiones sobre el concepto de electronegatividad” - Sebastian Fortin y Martín Labarca	17
“Opacidade e Risco Epistêmico nas ciências de dados intensivos” - Mariana Vitti Rodrigues	20
“Nuevos modos de conocer: integrando experimentación y simulaciones computacionales en el modelado de fenómenos complejos” - M. Silvia Polzella, Penélope Lodeyro y Diego Guérin	22

“Nanoética y virtudes feministas: Un diálogo necesario para las nanociencias” – Mariana Córdoba y Fiorela Alassia	23
“Los orbitales híbridos de la química como problema filosófico y didáctico” – Yefrin Ariza	25
“El concepto de elemento desde una perspectiva relacional” – Alfio Zambon	28

Programa (Horario de Argentina UTC-3)

Miércoles 1 de octubre

Bloque I

12:30 - 12:55 Ingreso al auditorio virtual

12:55 - 13:00 Apertura

13:00 - 13:30	"Experimentos, instrumentos y conceptos químicos: ¿Qué sucede si desaparece uno de ellos en la enseñanza de la química?"	Álvaro García Martínez Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia
---------------	--	---

13:30 - 14:00	"El rol del/la Profesor/a Adscriptor/a en la formación de futuros/as docentes: desafíos y debates"	Silvia Loureiro Universidad de la República, Uruguay
---------------	--	--

14:00 - 14:30	"Descubrimiento en química: el aislamiento del agua pesada"	Hernan Accorinti y Juan Camilo Martínez González CONICET - Universidad de Buenos Aires, Argentina
---------------	---	---

14:30 - 15:30 Descanso y café (intercambio libre)

Bloque II

15:30 - 16:00	"La naturaleza de los ácidos y el esencialismo de las clases naturales"	Jesus Alberto Jaimes Arriaga Centro de Estudios Tecnológicos Industrial y de Servicios No. 52, México
---------------	---	---

16:00 - 16:30	"Aportes para pensar la naturaleza de los modelos químicos"	Rodolfo Vergne y Natalia Ordenes Universidad Nacional de Cuyo, Argentina
---------------	---	--

16:30 - 17:00	"Algunas cuestiones sobre el concepto de electronegatividad"	Sebastian Fortín y Martín Labarca CONICET - Universidad de Buenos Aires, Argentina
---------------	--	--

Miércoles 1 de octubre

Bloque III

12:30 - 13:00 Ingreso al auditorio virtual

13:00 - 13:30 "Opacidade e Risco Epistêmico nas ciências de dados intensivos" **Mariana Vitti Rodrigues**
PUC/Campinas, Brasil

13:30 - 14:00 "Nuevos modos de conocer: integrando experimentación y simulaciones computacionales en el modelado de fenómenos complejos" **M. Silvia Polzella, Penélope Lodeyro y Diego Guérin**
CIFFyH; UNC, Argentina

14:00 - 14:30 "Nanoética y virtudes feministas: Un diálogo necesario para las nanociencias" **Mariana Córdoba^a y Fiorela Alassia^b**
^a CONICET-UBA, Argentina
^b CONICET-UNPSJB, Argentina

14:30 - 15:30 Descanso y café (intercambio libre)

Bloque IV

15:30 - 16:00 "Los orbitales híbridos de la química como problema filosófico y didáctico" **Yefrin Ariza**
Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile

16:00 - 16:30 "El concepto de elemento desde una perspectiva relacional" **Alfio Zambon**
Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Argentina

16:30 - 17:00 Cierre

Experimentos, instrumentos y conceptos químicos: ¿Qué sucede si desaparece uno de ellos en la enseñanza de la química?

Álvaro García Martínez

Doctorado Interinstitucional en Educación

Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia

La enseñanza de la química durante varias décadas se ha centrado en una estructura clásica, el iniciar por la explicación de los temas, incluyendo principios y leyes de forma teórica, y después continuar con trabajos de laboratorio para comprobar o confirmar lo que se ha estudiado.

La teoría, de igual manera se ha venido enseñando de forma clásica, ligada a los temas que aparecen en los libros de texto. Y la práctica se ha venido desarrollando con gran tradición centrada en prácticas de laboratorio, tipo recetario, que se repiten semestre tras semestre o año tras año. Son pocos los trabajos prácticos que se desarrollan desde la resolución de problemas experimentales, o metodologías alternas, debido al mayor tiempo que consideran los profesores que se requiere. En algunos países se han reemplazado los laboratorios por videos, simulaciones y otras alternativas tecnológicas; con diferentes argumentos, como el disminuir costos en materiales y reactivos, por seguridad de los estudiantes, entre otros, llegando al punto de disminuir los tamaños en su construcción, o hacerlo sin entradas de gas o agua, o retirar reactivos, o prohibir la realización de experimentos para evitar accidentes. Con esto, el profesor pasa meses o años sin realizar prácticas de laboratorio, olvidando o disminuyendo sus competencias básicas de tipo experimental del trabajo en química. Esto lleva a un trabajo teórico clásico centrado en la presentación de contenidos temáticos, perdiendo el gran potencial epistemológico y didáctico del trabajo experimental en química.

En este contexto, se requiere generar una perspectiva diferente para la enseñanza a la química. Se propone que se desligue de esa visión tradicional y se centre en el desarrollo de pensamiento en química.

Un desarrollo de pensamiento que promueve la formación de los estudiantes, bien en secundaria o a nivel universitario, en habilidades que le servirán no sólo para aprender química, sino para aprender otras áreas del conocimiento y su desarrollo. Otro tipo de competencias que serán de gran utilidad para su desempeño futuro, como profesionales e inclusive como ciudadanos cultos, bien informados al momento de tener que tomar decisiones conscientes para el bien de su comunidad. Se busca que la frase clásica: “Sabes los temas... puedes enseñar”, a otra que replantee la docencia de la Química de calidad: “Sabes desarrollar pensamiento..., puedes enseñar”.

Desde la investigación en didáctica de las ciencias, se ha venido planteando que el desarrollo de pensamiento en el aula (Sánchez y García-Martínez, 2025), se fortalece en

la medida en que se plantean actividades para: plantear y generar propuestas, resolver problemas, generar razonamientos (inductivo, deductivo, abductivo), explicar y argumentar, y generar diseños creativos, entre otros. Todo este tipo de prácticas en el campo de las ciencias fortalece la actividad científica escolar en el aula, y propende por el desarrollo de competencias en los estudiantes, que contribuyen a que los estudiantes se comporten cada vez más como aprendices autónomos (que se autorregulen de forma continua), que asuman posturas, críticas y reflexivas, que desarrollen un reconocimiento y respeto por el otro, que valoren y reconozcan el trabajo colaborativo como vía para mejorar su aprendizaje, y que aporte a la construcción de ciudadanía en cada uno de ellos.

Para desarrollar este propósito, retomamos los planteamientos de Andy Pickering (Pickering, 1992), en donde establece tres elementos fundamentales para la comprensión de la ciencia, que contextualizamos para la enseñanza y aprendizaje de la Química: el modelo del fenómeno, el procedimiento material y el modelo del instrumento. El modelo del fenómeno se asume como la interpretación teórica y conceptual de un fenómeno; el procedimiento material se interpreta como los instrumentos, artefactos, que permiten la interacción directa con el fenómeno estudiar; y el modelo del instrumento, se asumen como las interpretaciones del papel de los instrumentos y del experimentos, y como su interacción permiten comprender mejor el estudio del fenómeno o hecho experimental, objeto de estudio.

Con esta perspectiva, planteamos que la visión clásica de comenzar por los modelos teóricos, y luego el trabajo de laboratorio, pueden enriquecerse con el análisis del papel de los instrumentos científicos, en la construcción del conocimiento químico, que durante años ha pasado desapercibida en la enseñanza de la química; se emplean y manipulan, pero no se es consciente del gran papel que tienen en la construcción del conocimiento químico.

En este sentido, se pueden generar otras variantes para la comprensión y enseñanza de la construcción del conocimiento químico. Por ejemplo, en el contexto del estudio de un fenómeno específico, 1) partir del estudio de los instrumentos, y luego continuar con la interpretación teórica de ellos y de los experimentos, para llegar a la construcción del conocimiento teórico. Otra posibilidad sería, que 2) se parta de la interpretación de teórica de los experimentos, se construyan instrumentos que se requieran para desarrollarlos, y luego, generar la construcción teórica. Y finalmente, la más conocida, pero incluyendo el estudio de los instrumentos científicos, 3) el estudiar un fenómeno desde lo teórico, crear experimentos para su estudio, y generar instrumentos para el desarrollo de lo diseñado.

Con esto, se enriquece la comprensión de las formas en que se puede construir el conocimiento químico, aportando a desmitificar varias ideas clásicas como; las verdades en la ciencia, el “método científico” y otras ideas positivistas criticadas por la filosofía de la ciencia actual. Estas reflexiones aportan al fortalecimiento de la naturaleza de la ciencia (Izquierdo, et. al. 2016), y esto contribuye directamente al desarrollo de pensamiento en la enseñanza de la Química.

Con estas ideas pretendemos que se reflexione sobre las implicaciones de seguir enseñando Química solo con contenidos temáticos, sin experimentos y sin la reflexión del papel de los instrumentos. De continuar así, estaríamos enseñando temas sin contexto práctico, sin la posibilidad de reflexionar sobre los conceptos fundamentales de la

química, sobre cómo se construyó como ciencia autónoma, sobre cómo se construyeron sus modelos teóricos que permiten explicar el mundo en el que vivimos...quedaría vacía sin la experimentación...contribuiríamos a dejarla de enseñar como una ciencia experimental.

Referencias bibliográficas

Galvis, D. M. S. y García-Martínez, Á. (2025). Habilidades de Pensamiento de Orden Superior en La Enseñanza de las Ciencias Naturales: Una propuesta a partir de un análisis Bibliométrico. *Investigações em Ensino de Ciências*, 30 (2): 35-75.

Izquierdo Aymerich, M., García-Martínez, Á., Quintanilla Gatica, M., y Aduriz Bravo, A. (2016). Historia, filosofía y didáctica de las ciencias: aportes para la formación del profesorado de ciencias. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Pickering, A. (1992). *Science as Practice and Culture*. University of Chicago Press..

El rol del/la Profesor/a Adscriptor/a en la formación de futuros/as docentes: desafíos y debates

Silvia Loureiro

Instituto de Profesores “Artigas” (CFE) – Liceo N°63 “Idea Vilariño” (DGES)

Montevideo, Uruguay

En Uruguay la formación de docentes para la educación media es organizada y dirigida por el Consejo de Formación en Educación de la Administración Nacional de Educación Pública. Abarca varios institutos en todo el país, entre ellos se destaca el Instituto de Profesores “Artigas” (IPA) en Montevideo. Hasta su creación en 1949, no hubo una formación sistemática de profesores para la educación media. En sus inicios el plan de formación se basó en formar un profesional tanto en el ámbito de la teoría de cada disciplina como en la práctica educativa durante cuatro años. Se centraba en tres fuertes núcleos: formación pedagógica común a todas las especialidades, formación en la especialidad elegida y la práctica docente. A pesar de los cambios introducidos a lo largo del tiempo por diferentes planes y políticas educativas, estos pilares de la formación se mantienen aún hoy.

La formación del profesorado en la actualidad (plan 2008 y plan 2023) es de 4 años y la práctica docente se organiza desde los cursos de Didáctica. El profesor de Didáctica ofrece sus cursos en el IPA. Al mismo tiempo el estudiante (practicante) realiza la práctica docente incorporándose desde el inicio del año lectivo a un grupo de educación media (liceo o UTU), junto con el profesor de ese curso curricular. Este profesor, ubicado en el lugar de “experto” en relación a la docencia, ocupa el rol denominado profesor/a Adscriptor/a.

El profesor Adscriptor no recibe una formación específica para desempeñarse como docente en el acompañamiento de la formación del practicante. Sin embargo, la tarea de formación en la práctica implica construir espacios de observación y creación, significa esencialmente la tarea compleja para el Adscriptor de crear un encuadre en el cual pueda ser posible la formación del estudiante de profesorado. Este encuadre se nutre de experiencias cotidianas y es donde se imparten una serie de contenidos de enseñanza y de ciertas formas o modalidades de trabajo. Además de la dimensión disciplinar que tiene que ver con la didáctica específica, se ponen en juego aspectos vinculares, dedicación de tiempos especiales, momentos de diálogo casi permanentes. El trabajo del Adscriptor acompañando el trayecto de formación del practicante implica muchas tareas entrelazadas. Guía la preparación de las clases, de la unidad didáctica, acompaña el desarrollo de la clase dada y realiza la devolución sobre los logros y los puntos a mejorar. Está presente en las visitas del docente de Didáctica y de los tribunales finales. Las relaciones que se establecen en ese espacio de formación una vez comenzado el proceso de acompañamiento se van construyendo entre temores, incertidumbres y tensiones. Por un lado, para el practicante implica un movimiento continuo entre “ser” estudiante y “ser” docente, mediado por el adscriptor y por su profesor de Didáctica. Por otro lado, para los

adscriptores, implica la incorporación de un nuevo integrante en el aula para presenciar y observar sus prácticas de enseñanza. Ya no están solos con sus estudiantes, también está presente el practicante, con su formación, sus preconcepciones, su estilo, su personalidad.

En este trabajo iré tomando una serie de interrogantes planteadas por Borges (2008), y resignificadas en primera persona, para ir reflexionando sobre ellas desde mi experiencia como profesora Adscriptora y como profesora de Didáctica de la Química. ¿Difieren mis prácticas de enseñanza de la química en presencia del practicante de aquellas en la que no oficio como adscriptora?; ¿qué dimensiones de mi práctica analizo con el practicante?; ¿qué voy a observar?; ¿de qué formas realizo la devolución de sus clases?; ¿me considero capaz de descentrarme de mi conocimiento, de mi saber práctico, de mis creencias, para centrar la mirada en el practicante?; ¿qué lugar le otorgo a la escucha del estudiante y a su práctica?

Son estas cuestiones las que nos mueven de nuestro lugar seguro, que nos provocan a cambiar las miradas para dar prioridad a ese otro que estamos acompañando. En el rol de Adscriptor en tanto acompañante de la formación de otro sujeto tenemos que permanecer alertas, estar dispuestos a una escucha atenta, ser cuidadosos al observar su práctica para no imponer la nuestra, debemos poder percibir la práctica del otro como lo que es, la práctica de otro sujeto diferente a nosotros. Se vuelve necesario habilitar ese espacio con el practicante para compartir con él o ella el hacer y el pensar sobre el hacer. Compartir con él o ella los sentidos construidos acerca de las prácticas de enseñanza de la Química, para revalorizar ese espacio como un medio disponible no sólo para la formación del practicante sino para nuestra formación.

Referencias bibliográficas

Ariz Pastorino, M. I. (2020). Profesores adscriptores en Enseñanza Media: análisis de las percepciones de su rol (Tesis). Universidad ORT Uruguay, Instituto de Educación. Recuperado de <https://sisbibliotecas.ort.edu.uy/bib/90879>

Borges, M. (2008). “Habitar un rol: la tarea del profesor adscriptor de Comunicación visual – Dibujo como oportunidad para reflexionar sobre sus prácticas”. *Habitando un rol: la tarea del profesor adscriptor como oportunidad para reflexionar sobre sus prácticas*. (tesis de maestría). Universidad ORT. Montevideo. Recuperado de: <https://bibliotecas.ort.edu.uy/bibid/54625>

Franco, M. y Nieto, M. (2020). “Evolución de la Educación Química en nuestro país: una mirada desde la enseñanza y la Didáctica”. *Educación en Ciencias Biológicas, Educación En Ciencias Biológicas*, 5(1), 1-8. <https://doi.org/10.36861/RECB.5.1.4>

Godoy, C. (2011). “Trayecto, formación e identidad profesional: la transmisión de lo intransmisible”. VI Jornadas Nacionales sobre la Formación del Profesorado. Currículo, Investigación y Prácticas en contextos. ISBN 978-987-544-387-7

Keim L. y Magallanes, M. (2010). “Mediaciones de formación en la enseñanza de la Historia: el papel de los Profesores Adscriptores”. *Formar(se) profesor de historia en el Uruguay*. ISBN 978-9974-550-79-7.

Novoa, A. (2009). “Para una formación de profesores construida dentro de la profesión”.
Revista de Educación, 350: 203-208.

Descubrimiento en química: el aislamiento del agua pesada

Hernan Accorinti y Juan Camilo Martínez González

CONICET - Universidad de Buenos Aires, Argentina

La elucidación del agua pesada (D_2O) se erige como uno de los avances más cruciales en la química moderna, marcando un momento transformador en la comprensión de los isótopos y su profunda influencia en el comportamiento químico. Este descubrimiento no solo profundizó la comprensión científica de la estructura atómica, sino que también abrió nuevas posibilidades en campos que van desde la química nuclear hasta la investigación bioquímica. En el corazón de este avance estuvo Gilbert Newton Lewis, un químico cuyo rigor metodológico revolucionó el estudio de los isótopos y el enlace químico.

Esta presentación explora el papel instrumental de Lewis en el descubrimiento del agua pesada, rastreando su trayectoria intelectual a través de sus seminales publicaciones científicas. Lewis, ya reconocido por sus teorías revolucionarias sobre enlaces químicos y termodinámica, centró su atención en el estudio de los isótopos a principios de la década de 1930. Sus investigaciones sobre las formas isotópicas del hidrógeno fueron fundamentales para aislar y caracterizar el agua pesada. Sus publicaciones de 1933, "El Isótopo de Hidrógeno" y "Separación de las Formas Isotópicas del Agua por Destilación Fraccionada", representan estudios pioneros que detallaron sistemáticamente las propiedades y las técnicas de aislamiento del agua pesada. En estos trabajos, Lewis demostró que el agua compuesta de deuterio (D_2O) exhibía comportamientos físicos y químicos distintos en comparación con el agua ordinaria (H_2O), incluyendo diferencias en puntos de ebullición, densidad y reactividad.

Un aspecto crítico de la metodología de Lewis fue su uso innovador del fraccionamiento isotópico, un proceso que aprovechaba las ligeras diferencias en las propiedades físicas de las moléculas isotópicas para separarlas. Este logro no fue simplemente una hazaña técnica; proporcionó evidencia definitiva de la existencia de isótopos estables en el agua y abrió nuevas vías para la investigación isotópica. El trabajo de Lewis sobre el agua pesada sentó las bases para avances en la química nuclear, ya que el deuterio se volvió crucial para moderar reacciones nucleares en reactores. Además, la investigación de Lewis reforzó la comprensión más amplia de los efectos isotópicos: cómo las diferencias sutiles en la masa atómica pueden conducir a variaciones significativas en el comportamiento químico. Esta percepción se volvió fundamental en campos tan diversos como la geoquímica (estudiando firmas isotópicas en los ciclos del agua) y la farmacología (diseñando fármacos deuterados para una mayor estabilidad).

Las contribuciones de Gilbert Newton Lewis al descubrimiento del agua pesada ejemplifican el poder del pensamiento interdisciplinario y la ingeniosidad experimental. Al tender puentes entre la química teórica y las técnicas prácticas, no solo develó los misterios del agua enriquecida con deuterio, sino que también preparó el terreno para innumerables avances científicos y tecnológicos. Su trabajo sigue siendo un testimonio

del impacto perdurable de la investigación fundamental, demostrando cómo la indagación impulsada por la curiosidad puede remodelar disciplinas científicas enteras. Esta presentación profundizará en los métodos experimentales de Lewis, la recepción de sus hallazgos dentro de la comunidad científica y el legado perdurable de sus descubrimientos tanto en la química como en las ciencias aplicadas.

Lewis, G. N., & MacDonald, R. T. (1933). "The Isotope of Hydrogen."

Journal of the American Chemical Society, 55(7), 3057–3059.

Lewis, G. N., & Cornish, R. E. (1933). "Separation of the Isotopic Forms of Water by Fractional Distillation." Journal of the American Chemical Society, 55(7), 2616–2617.

La naturaleza de los ácidos y el esencialismo de clases naturales

Jesus Alberto Jaimes Arriaga

Centro de Estudios Tecnológicos, Industrial y de Servicios No. 52, México

Si bien el problema de la acidez es de larga data en filosofía de la química, recientemente ha suscitado un vivo resurgimiento con motivo del centenario de la bifurcación del concepto de ácido (Ruthenberg, 2023). La cuestión radica en la relación que hay entre la Teoría de Bronsted (1923) y la Teoría de Lewis (1923). De acuerdo con Bronsted, un ácido es una sustancia química capaz de donar protones, H^+ . Por su parte, Lewis señala que los ácidos son sustancias capaces de aceptar un par de electrones. La discusión gira en si la acidez de Lewis es una generalización verdadera de la de Bronsted o si, por el contrario, se trata de una ruptura conceptual entre estas dos teorías. En este contexto, el presente trabajo busca abordar el problema de la acidez desde un enfoque de clases naturales fundamentadas en esencias. El argumento es doble. Por un lado, considerando la visión dominante del microesencialismo, se busca establecer claramente por qué esta postura no implica un esencialismo microfísico (Martínez González & Córdoba 2016). Esto lleva a considerar a los ácidos de Bronsted y de Lewis como clases naturales distintas, favoreciendo la perspectiva de la ruptura conceptual sobre la generalización verdadera. Por otro lado, considerando las críticas actuales al esencialismo modal o contemporáneo, que señalan que la microestructura puede ser necesaria pero no suficiente para caracterizar una clase química, se busca desarrollar un enfoque esencialista neo-aristotélico que toma en cuenta también las propiedades macroscópicas: la esencia de una clase natural corresponde a la definición real de dicha clase, que incluye especificaciones de su comportamiento bajo distintas circunstancias (Inman 2018, Oderberg 2007). Esto abona a la idea de que los ácidos de Bronsted y de Lewis corresponden a clases naturales distintas y, por tanto, una vez más, se favorece la perspectiva de la ruptura conceptual sobre la generalización verdadera.

Referencias bibliográficas

Brønsted, J. N. (1923). Einige Bemerkungen über den Begriff der Säuren und Basen [Some Observations about the Concept of Acids and Bases]. *Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas*, 42 (8), 718–728.

Inman, R. D. (2018). *Substance and the Fundamentality of the Familiar*. Routledge.

Lewis, G. N. (1923). *Valence and the Structure of Atoms and Molecules*. American Chemical Society Monograph Series. New York: Chemical Catalog Company.

Martínez González, J. C., & Córdoba, M. (2016). El problema de las clases naturales en química: Algunas dificultades para el microestructuralismo. *Crítica: Revista Hispanoamericana de Filosofía*, 48(144), 89–117.

Oderberg, D. S. (2007). *Real Essentialism*. Routledge

Aportes para pensar la naturaleza de los modelos químicos: el atomismo de Dalton

Natalia Ordenes¹ y Rodolfo Vergne²

¹ *Universidad Nacional de Tres de Febrero*

² *Universidad Nacional de Cuyo*

Este trabajo se propone realizar una reflexión metateoría sobre el modelo atómico de Dalton y cómo este tema nos puede decir algo acerca de la naturaleza de los modelos de la química y su impacto en la enseñanza. Hay una tradición de estudios que vinculan la historia, la filosofía de la ciencia con la enseñanza científica, la formación de científicos y profesores de ciencias. Dentro de esta corriente se desarrolló una línea de investigación conocida como naturaleza de la ciencia. En la misma dirección, han surgido en los últimos años investigaciones sobre una especificación de la naturaleza de la ciencia que es la naturaleza de la química. Por otro lado, los debates más actuales de la filosofía de la ciencia se centran en los modelos científicos. Esta noción es fructífera no solo en la filosofía, sino también en la enseñanza y la didáctica de las ciencias. Las vinculaciones teóricas y prácticas terminan haciendo confluir los estudios historia y filosofía de la ciencia y naturaleza de la ciencia, y los estudios sobre modelos de la filosofía de la ciencia para el caso de la química y su enseñanza, en el concepto de naturaleza de los modelos químicos. Desde este marco teórico, la teoría atómica es la piedra angular de la química como ciencia, proporciona el marco conceptual esencial para comprender la composición, la estructura, las propiedades y las transformaciones de la materia. La evolución de la teoría atómica a partir de Dalton, fue esencial para el desarrollo de la química. Dado el impacto del poder explicativo de modelos atómicos, particularmente una versión simplificada del modelo mecánico cuántico, el modelo atómico de Dalton ha sido subestimado como parte de su desarrollo histórico. En función de lo mencionado nos proponemos hacer un análisis sobre si aquello que busca explicar el modelo atómico de Dalton puede ser explicado por los modelos atómicos que le sucedieron. Mientras el modelo atómico de Dalton pretende y es útil para explicar la composición de las sustancias en cuanto a sus relaciones de cantidad e identidad, aquellos que le sucedieron, tienen como objeto de estudio la estructura del átomo, las partículas que lo forman, su energía y comportamiento. La reflexión metateoría nos lleva a considerar que en la teoría atómica conviven modelos correspondientes a ontologías distintas, una química y otra física.

Algunas cuestiones sobre el concepto de electronegatividad

Sebastian Fortin y Martín Labarca

CONICET – Universidad de Buenos Aires, Argentina

Desde mediados de la década de 1950, la electronegatividad (EN) se ha constituido gradualmente en una herramienta indispensable en cada campo teórico y experimental de la química, encontrando aplicaciones también en física, ingeniería y biología. En el ámbito de la ciencia química, el concepto de EN ha sido utilizado para explicar propiedades como polaridades de enlace, periodicidad química, acidez de los solventes, mecanismos de reacción y distribución electrónica, entre otras.

La primera definición formal del concepto, y su respectiva cuantificación sobre la base de un enfoque termoquímico, fue propuesta por Linus Pauling en 1932, utilizando los calores de disociación o formación de sustancias heteronucleares de tipo AnB_m . La siguiente cuantificación fue llevada a cabo por Robert Mulliken en 1934, quien diseñó una escala sobre un enfoque espectroscópico, empleando dos propiedades atómicas: la energía de ionización y la afinidad electrónica.

Sin embargo, el hecho de que la EN no pueda medirse en forma directa sino sólo indirectamente a través de otros parámetros y descriptores fue una de las causas que dio lugar a una proliferación de modelos muy diversos y, junto con ello, a una incompreensión respecto de lo que la noción misma de EN significa.

En efecto, la pluralidad de modelos existentes en la actualidad no generó una mejor comprensión respecto de la intensión y la extensión del concepto. En relación con su intensión (lo que ‘dice’ un predicado: su sentido), la EN ha sido definida de diversos modos ya sea como una propiedad, una capacidad, un poder de atracción, un poder de expulsión o también como el resultante de una tensión entre propiedades del átomo; más aún, algunos autores afirman que la EN es simplemente un número que tiene propósitos comparativos. Asimismo, la extensión, es decir la referencia del concepto, tampoco es clara: ¿es el átomo, la molécula, un grupo, un ión o bien la especie química?

El conjunto de modelos desarrollados ha dado lugar a varios trabajos de revisión y clasificación. En términos generales, es posible agruparlos en modelos termoquímicos, modelos espectroscópicos o geométricos y modelos cuánticos. Los valores numéricos de los múltiples modelos existentes convergen en una misma escala (denominada escala de EN) la que exhibe, en general, un mismo ordenamiento de todos los elementos de la tabla. Esta propiedad periódica muestra que la EN aumenta en los periodos de izquierda a derecha, y disminuye en un grupo, de arriba hacia abajo.

Dos de los modelos clásicos, Pauling y Mulliken, exhiben fuertes diferencias procedimentales, conceptuales y categoriales entre ellos. El punto clave aquí es destacar que el análisis de dichos modelos nos muestra que la pluralidad implica una incompatibilidad entre ambos. Este punto es especialmente relevante porque si solo se

tratara de una multiplicidad no problemática, de hecho no importaría elegir el modelo de Pauling o el modelo de Mulliken. Como resultado de esa incompatibilidad, los dos modelos nos proporcionan diferentes imágenes de la noción de electronegatividad.

Ahora bien, a la luz del análisis científico-filosófico, ¿cómo concebir esta diversidad? En este trabajo en desarrollo presentaremos entonces una posible vía que brinda la hermenéutica. Desde esta perspectiva filosófica, la comprensión de un todo depende de la comprensión de sus partes y la comprensión de cada parte depende del todo. No es un círculo vicioso: es un proceso iterativo y dinámico. De este modo entonces, la electronegatividad es un concepto múltiple: cada definición aporta al concepto general y el concepto general aporta a la definición.

Referencias bibliográficas

Accorinti, H. (2019). “Incompatible models in chemistry: the case of electronegativity”, *Foundations of Chemistry* 21: 71–81.

Accorinti, H. y Labarca, M. (2020). “Commentary on the models of electronegativity”, *Journal of Chemical Education* 97: 3474–3477.

Accorinti, H. y Labarca, M. (2023). “Modelos en química: el problema de la electronegatividad”, En: Labarca, M. y Fortin, S. (Eds.), *Introducción a la Filosofía de la Química*, Bella Terra. Sociedad Chilena de Historia, Didáctica y Filosofía de las Ciencias, pp.142–158.

George, T. (2025). “Hermeneutics”, *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Summer edition 2025), Edward N. Zalta y Uri Nodelman (eds.), URL = <<https://plato.stanford.edu/archives/sum2025/entries/hermeneutics/>>.

Kumari, D.; Saloni; Tandon, H.; Labarca, M. y Chakraborty, T. (2022). “An FSGO based Electronegativity Scale invoking Electrophilicity Index”, *ChemistrySelect – Chemistry Europe*, 7 (44): e202202238.

Kumari, D.; Saloni, S.; Labarca, M. y Chakraborty, T. (2023). “Application of floating spherical Gaussian orbital approach in redefining the atomic periodic descriptor”, *Journal of Mathematical Chemistry*, 61: 1924–1935.

Kumari, V.; Singh, T.; Devi, S.; Tandon, H.; Labarca, M. y Chakraborty, T. (2022). “Atomic electronegativity based on hardness and Floating Spherical Gaussian Orbital approach”, *Journal of Mathematical Chemistry*, 60: 360–372.

Labarca, M. (2021). “Por un diálogo entre la filosofía de la química y la enseñanza de la química. El caso de la electronegatividad”, *Educació Química* 29: 48–53.

Politzer, P. y Murray, J. S. (2018). “Electronegativity – A Perspective”, *Journal of Molecular Modeling* 24: 214–222.

Politzer, P. y Murray, J. S. (2023). “Electronegativity: A continuing enigma”, *Journal of Physical Organic Chemistry* 36: e4383.

Salas-Bannuet, G.; Ramírez-Vieyra, J. y Noguez-Amaya, M. E. (2011). “La incomprendida electronegatividad (trilogía). II. Evolución en la cuantificación de la electronegatividad”, *Educación Química* 2: 155–161.

Saloni; Kumari, D.; Tandon, H.; Labarca, M. y Chakraborty, T. (2022). “Computation of Atomic Electronegativity Values using Atomic and Covalent Potential: A FSGO Based Study”, *Journal of Mathematical Chemistry* 60: 1505–1520.

Tandon, H.; Labarca, M. y Chakraborty, T. (2021). “A Scale of Atomic Electronegativity Based on Floating Spherical Gaussian Orbital Approach”, *ChemistrySelect – Chemistry Europe*, 6: 5622–5627.

Opacidade e Risco Epistêmico nas ciências de dados intensivos

Mariana Vitti Rodrigues

PUC/Campinas, Brasil

Que riscos epistêmicos são desencadeados pela opacidade algorítmica? Que estratégias podem mitigar o risco epistêmico trazido pelo crescente uso de modelos algorítmicos de análise de dados na prática científica? Quais são as consequências epistemológicas e éticas da automação da pesquisa científica? Essas questões direcionam esta apresentação cujo objetivo é introduzir e discutir os conceitos de opacidade epistêmica e risco epistêmico no contexto das ciências de dados intensivos, isto é, ciências nas quais as perguntas e respostas de investigação dependem fortemente de grandes quantidades de dados (Elliott 2016). De acordo com Humphreys (2021), a opacidade epistêmica ocorre quando agentes não tem acesso a todos os recursos relevantes de um processo. Diferente da opacidade epistêmica de instrumentos científicos, em que a confiança das pesquisadoras advém do fato de que engenheiros e técnicos conhecem todos seus elementos relevantes, a lógica subjacente aos algoritmos de machine e deep learning pode ser inacessível para qualquer pessoa devido à sua inerente complexidade. Risco epistêmico, por sua vez, pode ser caracterizado como a possibilidade de que um evento não desejado ocorra devido ao fato de estarmos errados em relação a alguma variável do processo científico. Riscos epistêmicos estão presentes quando postulamos a aceitação ou rejeição de uma hipótese, quando ponderamos a força de uma evidência, quando escolhemos uma metodologia ou definição, quando delimitamos um referencial teórico, dentre outras situações (Douglas 2000, 2009; Biddle 2016; Sven Ove 2023). No caso do emprego de modelos algorítmicos de análise de dados, lacunas de justificação, lacunas de responsabilidade, e lacunas explicativas geram riscos epistêmicos inerentes às ciências de dados intensivos. Investigamos em que medida o uso de algoritmos complexos aprimoram a prática científica em detrimento dos possíveis riscos advindos da opacidade epistêmica. Por fim, refletimos sobre uma nova agenda, de caráter multidisciplinar, que expresse os desafios da crescente automação da prática científica a fim de estabelecer estratégias de mitigação de risco epistêmico que proporcionem confiabilidade, segurança e uberdade ao uso de modelos algorítmicos complexos.

Referências

- Douglas, H. (2000). Inductive risk and values in science. *Philosophy of Science* 67 (4):559-579.
- Douglas, H. (2009) *Science, Policy, and the Value-Free Ideal*, U. of Pittsburgh Press, 210pp.

Elliott, K. C., et al. (2016) Conceptions of good science in our data-rich world. In: *Bioscience*, Vol. 66, p. 880–889. <doi.org/10.1093/biosci/biw115>.

Hansson, Sven Ove, "Risk", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Summer 2023 Edition), Edward N. Zalta & Uri Nodelman (eds.), URL = <<https://plato.stanford.edu/archives/sum2023/entries/risk/>>.

Humphreys, P. (2021). Epistemic Opacity and Epistemic Inaccessibility. https://wordpress.its.virginia.edu/Paul_Humphreys_Home_Page/files/2016/02/epistemic-opacity-and-epistemic-inaccessibility.pdf. Accessed 15 April 2024.

Justin B. Biddle; Inductive Risk, Epistemic Risk, and Overdiagnosis of Disease. *Perspectives on Science* 2016; 24 (2): 192–205. doi: https://doi.org/10.1162/POSC_a_00200

Nuevos modos de conocer: integrando experimentación y simulaciones computacionales en la modelización de fenómenos complejos

María Silvia Polzella, Penélope Lodeyro y Diego Guérin

SECYT - CIFYH – Universidad Nacional de Córdoba

En algunos análisis de epistemología de la experimentación, las simulaciones computacionales han sido caracterizadas como simples “experimentos asistidos por computadora”. En este trabajo nos proponemos atender a las prácticas de laboratorio de biología molecular y química biológica, donde se ponen de manifiesto interacciones dinámicas entre instrumentos, modelos teóricos y simulaciones computacionales.

A partir del análisis de un caso experimental, mostramos cómo la incorporación de las simulaciones no se limita a una función auxiliar, sino que constituye un componente del proceso experimental, capaz de integrarse con un instrumento y marcos teóricos, posibilitando la generación de conocimiento novedoso.

Nanoética y virtudes feministas: un diálogo necesario para las nanociencias

Mariana Córdoba¹ y Fiorela Alassia²

¹ CONICET - UBA

² CONICET - UNPSJB

Los nanomateriales poseen propiedades singulares que los diferencian de las sustancias químicas “bulk” y los convierten en objetos densamente cargados de valores epistémicos, tecnológicos, ambientales, políticos, éticos y estéticos (Bensaude-Vincent y Simon 2019; Zambon y Alassia 2023). Este carácter híbrido de las nanociencias –a la vez entre ciencia pura y aplicada, y entre ciencia y tecnología– plantea la necesidad de una reflexión ética específica, denominada nanoética (Jeswani y Van de Voorde 2021). Al igual que otras éticas aplicadas, la nanoética no se limita a describir, sino que busca orientar normativamente la investigación y sus diferentes alcances sociales. Sin embargo, cabe interrogarse si los marcos tradicionales de la ética aplicados a las ciencias químicas resultan suficientes para abordar las particularidades de las nanociencias.

En este sentido, la propuesta de Helen Longino (1995), al cuestionar la distinción clásica entre valores constitutivos y contextuales y al introducir virtudes teóricas de inspiración feminista –como heterogeneidad ontológica, aplicabilidad a necesidades humanas y descentralización del poder–, se constituye como una herramienta valiosa para repensar y enriquecer las ciencias químicas en general (Córdoba 2023) y, en particular, la nanoética. La articulación entre nanoética y virtudes feministas constituye, entonces, un diálogo necesario que puede contribuir al análisis y a la orientación de las prácticas de investigación y desarrollo tecnológico en nanociencias y nanoquímica, en un escenario donde los objetos producidos están intrínsecamente ligados a riesgos y desafíos ético-sociales de gran alcance.

Referencias:

- Bensaude-Vincent, B. & Simon, J. (2019). Nanotechnoscience: The End of the Beginning. *Philosophia Scientiæ*, 23(1), 5–17.
- Córdoba, M. (2023). ¿Es posible una filosofía feminista de la química? En M. Labarta y S. Fortín (Eds.), *Introducción a la Filosofía de la Química* (pp. 229-246). Sociedad Chilena de Didáctica, Historia y Filosofía de la Ciencias Bella Terra Ltda.
- Jeswani, G. & Van de Voorde, M. (Eds.). (2021). *Handbook of Nanoethics*. Walter de Gruyter.
- Longino, H. (1995). Gender, politics, and the theoretical virtues. *Synthese*, 104(3), 383–397.

Zambon, A. y Alassia, F. (2023). Nanoquímica y química supramolecular: algunas consideraciones filosóficas. En M. Labarta y S. Fortín (Eds.), *Introducción a la Filosofía de la Química* (pp. 177-196). Sociedad Chilena de Didáctica, Historia y Filosofía de la Ciencias Bella Terra Ltda..

Los orbitales híbridos de la química como problema filosófico y didáctico

Yefrin Ariza

Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Católica del Maule, Chile

Este trabajo propone una reflexión metateórica sobre uno de los conceptos más difundidos, utilizados y, sin embargo, menos problematizados en la enseñanza de la química: la noción de orbital híbrido. Aunque suele ocupar un lugar central en la explicación de las geometrías moleculares de compuestos simples, como el metano o el cloruro de fósforo, su estatuto epistémico es altamente controvertido desde el punto de vista de la filosofía de la química contemporánea. La estrategia argumentativa que aquí se adopta parte de considerar al orbital híbrido como una entidad teórica cuyas funciones explicativas, representacionales y predictivas deben analizarse en términos de su función dentro de la teoría del enlace de valencia (TEV).

Desde una reconstrucción estructuralista del aparato conceptual de la TEV (Ariza, 2015), se plantea que los orbitales híbridos no pueden ser considerados soluciones “reales” de la ecuación de Schrödinger, sino que constituyen combinaciones formales —y en cierto modo “artificiales”— de orbitales atómicos que permiten construir funciones de onda consistentes con ciertos datos experimentales. Así, estas entidades no cumplen el mismo estatuto epistémico que los orbitales “puros”, sino que se sitúan en una zona de ambigüedad entre lo matemáticamente útil y lo físicamente realizable, lo que las convierte en objetos epistémicamente interesantes.

Sin embargo, esta ambigüedad raramente es tematizada en la enseñanza de la química, donde la noción de orbital híbrido se introduce muchas veces como si se tratara de una descripción directa de la estructura del mundo. Este trabajo propone revisar esa situación, considerando que el concepto de orbital híbrido —lejos de ser un obstáculo— podría ser utilizado como una vía de acceso privilegiada a la reflexión sobre la naturaleza de la ciencia (NoS, por sus siglas en inglés), en tanto permite problematizar la relación entre teoría y realidad, entre explicación y representación, y entre modelos químicos y teorías físicas.

Se argumenta, por tanto, que los orbitales híbridos cumplen un papel similar al de otros constructos dentro de otros modelos científicos no reducibles directamente a la realidad empírica, sino contruidos para hacer operativa una teoría en un dominio específico de aplicación intencional. En este sentido, conceptos como forma molecular, geometría del enlace o ángulo de enlace no se deducen de manera directa de los postulados de la mecánica cuántica, sino que forman parte de un aparato conceptual autónomo químico, propio de la teoría del enlace químico, cuya reconstrucción metateórica resulta indispensable tanto para la formación inicial del profesorado como para una enseñanza epistemológicamente informada.

En este sentido el orbital híbrido representa una oportunidad didáctica y epistemológica para introducir ideas asociadas al carácter representacional de los modelos científicos

(más que como copias de la realidad), el carácter idealizado, funcional y a veces heurístico de muchas entidades científicas, y el carácter autónomo de teorías químicas (entre otras ideas sobre la naturaleza de la ciencia).

En otras palabras, enseñar orbitales híbridos no debe limitarse a presentar combinaciones lineales de orbitales s y p, ni a recitar los ángulos ideales de geometrías moleculares como la tetraédrica o la trigonal plana. Su enseñanza puede (y debe) abrir preguntas como: ¿en qué sentido son “entidades teóricas” útiles, aunque no empíricamente verificables?, ¿cómo se justifica su uso dentro de una teoría como la del enlace de valencia?, ¿qué significa que un modelo tenga función representacional, y no simplemente descriptiva?, ¿qué tensiones surgen al pretender reducirlos a la física?

Estas preguntas pueden ser abordadas en el aula mediante estrategias didácticas que permitan, comparaciones explícitas entre distintos modelos del enlace químico, discusiones de fragmentos de textos originales o actuales o diseños de modelos análogos (físicos o virtuales) que expliciten su carácter idealizado

Esta orientación permite avanzar en la formación de futuros profesores de ciencias hacia un enfoque epistemológicamente informado, en el que se reconozca que los conceptos centrales de la química no deben ser enseñados como verdades cerradas, sino como recursos representacionales contruidos históricamente, con funciones teóricas, epistémicas y didácticas específicas. De este modo, el aula de química se convierte en un espacio propicio no solo para el aprendizaje de modelos, sino para la reflexión sobre la NoS, favoreciendo una visión más crítica, plural y fundamentada de la ciencia.

Bibliografía

Adúriz-Bravo, A. (2013), “A Semantic View of Scientific Models for Science Education”, *Science & Education* 22(7): 1593-1611.

Ariza, Y. (2015). Introducción de la metateoría estructuralista en la didáctica de las ciencias: didáctica modeloteórica de las ciencias. Tesis doctoral, Buenos Aires: Universidad Nacional de Tres de Febrero.

Balzer, W., Moulines, C. U. & J. D. Sneed (1987b), *An Architectonic for Science. The Structuralist Program*, Dordrecht: Reidel.

Chamizo, J. A. (2013), “A New Definition of Models and Modeling in Chemistry’s Teaching”, *Science & Education* 22(7): 1613-1632.

Giere, R. (1988). *Explaining Science. A Cognitive Approach*. Chicago: The University of Chicago Press.

Kuhn, T.S. (1962), *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago: Chicago University Press, 2ª edición 1970.

Lorenzano, P. (2013), “The Semantic Conception and the Structuralist View of Theories: A Critique of Suppe’s Criticisms”, *Studies in History and Philosophy of Science* 44: 600-607.

Pauling, L. (1931), "The Nature of the Chemical Bond. Application of Results Obtained from the Quantum Mechanics and from a Theory of Paramagnetic Susceptibility to the Structure of Molecules", *Journal of the American Chemical Society* 53:1367-1400.

Pauling, L. (1939), *The Nature of the Chemical Bond and the Structure of Molecules and Crystals*, Ithaca: The Cornell University Press.

Suppe, F. (1974), *The Structure of Scientific Theories*, Urbana: University of Illinois Press.

van Fraassen, B. (1980), *The Scientific Image*, Oxford: Clarendon press.

El concepto de elemento desde una perspectiva relacional

Alfio Zambon

Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Argentina

alfiozambon@gmail.com

Uno de los desafíos fundamentales en la epistemología de la química es la coexistencia de distintos enfoques para comprender la materia. La distinción que realiza Paneth (1931) entre sustancia simple y sustancia básica ilustra claramente esta dualidad. Desde la perspectiva de los elementos como sustancias simples, se los identifica por sus propiedades macroscópicas. En cambio, cuando se conciben como sustancias básicas, poseen una única propiedad esencial: el número atómico. Tradicionalmente, en ambos enfoques los elementos químicos han sido entendidos como objetos en un sentido filosófico.

En las últimas décadas, James Ladyman (1998) y Steven French (2006) desarrollaron el Realismo Estructural Óntico (REO), una corriente filosófica que rechaza considerar a los objetos como entidades fundamentales. El REO propone una reconceptualización de la ontología en su nivel más básico, desplazando el foco desde los objetos hacia las estructuras. De este modo, lo que realmente persiste y confiere inteligibilidad al mundo no son las cosas en sí mismas, sino las redes de relaciones que las constituyen y hacen posible su descripción. En esta orientación, la prioridad se otorga a los patrones y conexiones que sostienen la organización de la realidad, más que a los supuestos portadores de esas propiedades.

En esta presentación se argumentará que el REO ofrece una perspectiva renovadora para concebir los elementos químicos, y permite integrar aspectos de la periodicidad y la reactividad (Zambon, 2018, 2019, 2022). Desde esta perspectiva, la diversidad de manifestaciones de los elementos se comprende en función de las propiedades que exhiben, tanto en el plano macroscópico como en el microscópico. Lo que confiere cohesión a esta estructura es el sistema de relaciones que vincula a los elementos químicos. En esta orientación, la prioridad se otorga a los patrones y conexiones que sostienen la organización de la realidad, más que a los supuestos portadores de esas propiedades. De este modo, el concepto de elemento encuentra una formulación más precisa: no como sustancia u objeto en sí mismo, sino como nodo de relaciones dentro de una red estructural, capaz de integrar y dar sentido a la diversidad de propiedades químicas.

Referencias

Ladyman, J. (1998). "What is structural realism?", *Studies in History and Philosophy of Science*, 29: 409-424.

Paneth, F. (1931). "The epistemological status of the chemical concept of element", [reimpreso en Foundations of Chemistry. 2003, 5: 113-145].

Zambon, A. (2018). "A representation of the periodic system based on atomic-number triads", Foundations of Chemistry, 20: 51-74.

Zambon, A. (2019). "Periodicity trees in a secondary criterion of periodic classification: Its implications for science teaching and communication", Substantia, 3: 101-114.

Zambon, A. (2022). "Chemical reactivity: cause-effect or interaction?", Foundations of Chemistry, 24: 375-387.