

Por un diálogo entre la filosofía de la química y la enseñanza de la química: el caso de la electronegatividad

For a dialogue between the philosophy of chemistry and the teaching of chemistry: the case of electronegativity

Martín Labarca / CONICET – Universidad de Buenos Aires, Argentina



resumen

La electronegatividad (EN) es un concepto antiguo, pero valioso, que tiene múltiples aplicaciones. La información que brinda es muy útil para predecir y explicar las propiedades fisicoquímicas de una especie química. Sin embargo, el hecho de que no pueda medirse directamente fue una de las razones que dio lugar a una proliferación de modelos muy diversos que coexisten en la práctica científica y, junto con ello, a una incomprensión respecto de lo que la noción misma de EN implica. El propósito de este trabajo es analizar dos modelos clásicos de EN, Pauling y Mulliken, para mostrar la incompatibilidad existente entre ellos.

palabras clave

Electronegatividad, Pauling, Mulliken, modelos incompatibles.

abstract

Electronegativity (EN) is an old but valuable concept that has multiple applications. The information it provides is very useful for predicting and explaining the physicochemical properties of a species. However, the fact that it cannot be measured directly was one of the reasons that led to a proliferation of very diverse models that coexist in scientific practice and, along with this, to a misunderstanding of what the very notion of EN implies. The purpose of this paper is to analyze two classical models of EN, Pauling and Mulliken, to show the incompatibility between them.

keywords

Electronegativity, Pauling, Mulliken, incompatible models.

Introducción

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 química, el concepto de EN ha sido utilizado para explicar propiedades como la acidez de los solventes, los mecanismos de reacción, la distribución electrónica, las polaridades de enlace y la periodi-

cidad química, entre otras. Sin embargo, el hecho de que la EN no pueda medirse directamente fue una de las causas que dio lugar a una proliferación de modelos muy diversos y, junto con ello, a una incomprensión respecto de lo que la noción misma de EN implica.

El conjunto de modelos desarrollados ha dado lugar a varios trabajos de revisión y clasificación (cfr. por ejemplo, Pritchard & Skinner, 1955; Mullay, 1987; Cherkasov *et al.*, 1998; Batsanov &

Batsanov, 2012; Ruthenberg & Martínez González, 2017). 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) en la que se muestra, en general, un mismo ordenamiento de todos los elementos de la tabla periódica. Esta propiedad periódica muestra

que la EN aumenta a lo largo de un periodo y disminuye dentro de un grupo de arriba hacia abajo.

Sin embargo, la pluralidad de modelos existentes 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 ion o bien la especie química? En este trabajo presentaremos y analizaremos dos modelos clásicos (Pauling y Mulliken) mostrando las fuertes diferencias procedimentales, conceptuales y categoriales entre ambos.

El enfoque termoquímico: el modelo de Pauling

Si bien el término *electronegatividad* se asocia naturalmente al nombre de Linus Pauling (fig. 1), su origen se remonta a los trabajos de Avogadro y Berzelius en las primeras décadas de 1800. De acuerdo con Jensen (1996), el concepto probablemente debe su nombre a este último, quien en su libro *Lehrbuch der Chemie* (1836) publicó una lista de 54 elementos ordenados en una escala, la cual separaba las sustancias simples predominantemente electropositivas de las predominantemente electronegativas. Dicha escala era esencialmente cualitativa en su naturaleza. Las primeras mediciones empíricas de la electronegatividad fueron realizadas por los químicos Worth Rodebush en 1925 y Groves Cartledge en 1928 (Jensen, 2012). En 1932 fue el premio Nobel Linus Pauling el primero en

cuantificar una escala de electronegatividad sobre la base de un enfoque termoquímico utilizando los calores de disociación o formación de sustancias heteronucleares del tipo $A_n B_m$.

Su punto de partida fue un enlace covalente en el cual no hay transferencia de electrones. Dicho enfoque sigue dos supuestos. El primero es el de enlace covalente simple normal entre dos sustancias A y B sin ningún componente iónico. El segundo supuesto está basado en el llamado «postulado de aditividad» (Pauling & Yost, 1932), según el cual la energía de un enlace covalente simple normal en un enlace heteronuclear es muy cercana al promedio aritmético de las energías de los enlaces entre los átomos iguales (enlace homonuclear); de este modo, resulta:
$$E(A:B) = \frac{1}{2} (E[A:A] + E[B:B])$$

Sobre esta base, la escala de Pauling se construye en términos de la diferencia entre la energía actual del enlace covalente y la energía del enlace covalente normal, cualesquiera sean las dos sustancias. La energía actual del enlace covalente se obtiene termoquímicamente considerando la energía requerida para romper el enlace molecular. La energía del enlace covalente normal se calcula teóricamente mediante el postulado de aditividad.

Para Pauling «si el postulado de aditividad es correcto, la diferencia (Δ) entre la energía actual del enlace covalente y la que predice el postulado de aditividad debe ser cero o positiva, y a mayor carácter iónico del enlace, mayor será el valor de Δ [...] los valores de Δ suelen conocerse con mayor precisión que las propias energías de enlace, ya que pueden medirse como calores de reacción» (Pauling, 1932: 3572). De este modo entonces, Pauling generaba la primera escala de EN sobre la base de los valores de Δ . Asumiendo

que Δ está relacionado a las diferentes formas en que los electrones de enlace se comparten en las sustancias A y B, Δ se constituye como una medida de la EN (χ) de los elementos. Las diferencias de EN entre A y B se definen formalmente como:

$$\Delta E = E_{AB} = E_{(AB) \text{ exp}} - \frac{1}{2} [E_{AA} + E_{BB}]$$
$$\Delta E = (\chi_A - \chi_B)^2$$
$$|\chi_A - \chi_B| = 0,208 \Delta E^{1/2} \text{ (eV)} \quad (1)$$

donde χ_A and χ_B representan las electronegatividades de los átomos A y B, respectivamente. Esta descripción brinda solamente diferencias de EN. Para obtener el valor absoluto es necesario postular a un elemento como valor de referencia. Para ello, Pauling adoptó el elemento hidrógeno con un valor de $\chi = 0$. Posteriormente, en función de los datos obtenidos por Mulliken en 1934 (Bergmann & Hinze, 1996) y para evitar valores negativos de χ en la mayoría de los metales, dicho valor se modificó a $\chi = 2,1$. Allred (1961) actualizó las EN de 69 elementos a partir de datos termodinámicos más adecuados y el hidrógeno adoptó un valor final de 2,2.

Los valores de electronegatividad de Pauling para los elementos fueron aceptados fácilmente por la comunidad química debido a que gran cantidad de información química podía ser correlacionada y racionalizada en términos de electronegatividades. Al mismo tiempo, Pauling definía los valores de EN como «números que representan el poder [que poseen los elementos] de atraer electrones en un enlace covalente, por medio del cual se puede estimar la cantidad de carácter iónico parcial del enlace» (Pauling, 1950: 236).

La definición propuesta por Pauling dejaba sin valores de EN a los gases nobles. Asimismo, la unidad de la EN expresada como la raíz cuadrada de la energía (o energía^{0,5}) generó cierta confusión en la época. En la actualidad, el

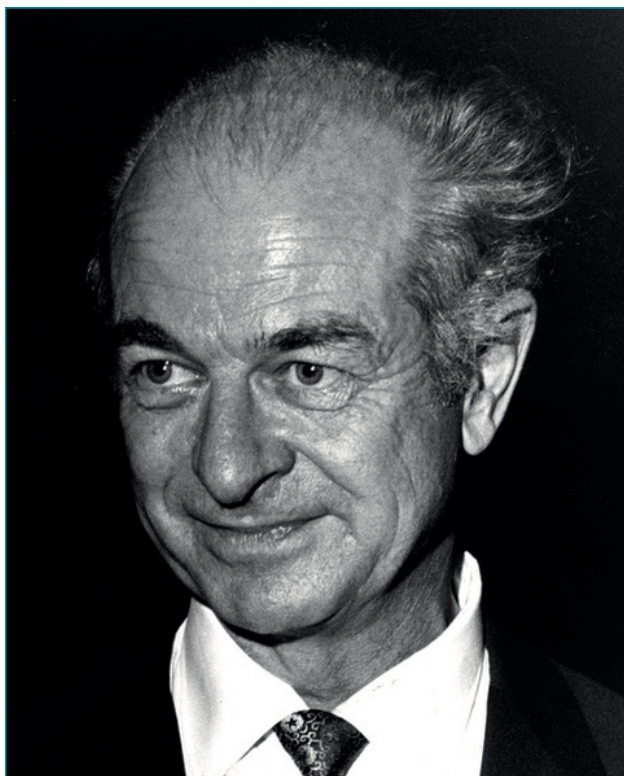


Figura 1. Linus Pauling (1901-1994). Físico y químico norteamericano galardonado el año 1954 con el Premio Nobel de Química.



Figura 2. Robert Sanderson Mulliken (1896-1986). Físico y químico norteamericano galardonado el año 1966 con el Premio Nobel de Química.

modelo de Pauling ha sido fuertemente criticado por algunos de los principales referentes en la temática, quienes ponen en duda su aceptabilidad (cfr. Murphy et al., 2000; Smith, 2002).

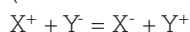
El enfoque espectroscópico: el modelo de Mulliken

El siguiente intento de cuantificación fue llevado a cabo por el premio Nobel Robert Mulliken (1934) (fig. 2), quien dos años más tarde diseñó una escala de EN en un dominio geométrico o espectroscópico. A diferencia de Pauling, Mulliken construyó su escala utilizando dos propiedades atómicas: la energía de ionización (I) y la afinidad electrónica (A).

Su punto de partida fueron dos sistemas neutros X e Y que tienen iguales valores de EN. En este caso, los cambios de energía en las dos reacciones deberían ser idénticos: $X + Y \rightarrow X^+ + Y^-$ y $X + Y \rightarrow X^- + Y^+$

Por el principio de igual energía

(si X e Y tienen la misma EN)



De manera que:

$$I_X - A_Y = I_Y - A_X$$

y del mismo modo:

$$I_X + A_Y = I_Y + A_X$$

De donde resulta la expresión formal:

$$\chi_M = \frac{1}{2} (I_Y + A_Y) \quad (2)$$

De acuerdo con esta nueva conceptualización, Mulliken (1934: 783) afirmaba: «dos átomos univalentes tienen la misma electronegatividad si la suma (o promedio) del potencial de ionización más la afinidad electrónica es la misma para cada uno». Mulliken establecía así una escala de electronegatividades atómicas (es decir, «absolutas») al no depender de un valor arbitrario de referencia, como sucedía en la escala de Pauling. Teniendo en cuenta las propiedades atómicas empleadas, intuitivamente este

enfoque describe la tensión de un átomo entre su tendencia a ganar o a perder electrones. Mulliken denomina a esta tendencia «electroafinidad».

La escala de Mulliken tuvo una amplia aceptación ya que empleaba un formalismo muy sencillo y razonable. Se determinaron los valores de EN de 11 elementos para los cuales existían valores de afinidad electrónica. Otra ventaja es que con este modelo es posible determinar valores de EN para átomos en cualquier estado de valencia en la molécula. Sin embargo, la escala se vio limitada durante mucho tiempo porque aún en 2006 se conocían los valores de afinidad electrónica de solo 57 elementos (Salas-Bannuet, Ramírez-Vieyra & Noguez-Amaya, 2011).

La coexistencia de modelos incompatibles de electronegatividad

Todas las escalas de EN tienden a mostrar resultados

similares: mientras que los metales tienden a perder electrones, los no metales tienden a aceptarlos. Sin embargo, un análisis más profundo revela que los dos modelos reseñados suponen fuertes diferencias *procedimentales, conceptuales y categoriales* (Accorinti, 2019; Accorinti & Labarca, 2020). Respecto a las diferencias procedimentales, podemos afirmar que mientras que Pauling obtiene los valores de EN a partir de datos experimentales sobre enlaces químicos (sistemas de uno o dos electrones en equilibrio), es decir, en un dominio termoquímico, Mulliken define la EN desde un dominio espectroscópico o geométrico, derivando los valores de EN a partir de datos atómicos y/o iónicos (átomos libres y/o iones libres).

Las diferencias conceptuales entre los modelos son también claras: mientras que Pauling define la EN como un poder de atracción de electrones, en el modelo de Mulliken, por el contrario, se la conceptualiza como la tensión existente en un átomo entre la tendencia a ganar y perder electrones. Lo que esto evidencia es la incomprensión que actualmente se tiene del significado o sentido de la EN. Como afirman Politzer y Murray (2018: 214): «Más de medio siglo después, y a pesar de los encomiables esfuerzos por establecer una base rigurosa para la electronegatividad, la confusión persiste».

Asimismo, es importante apreciar las unidades en las que se expresan los valores de EN en las dos escalas. Mientras que en Pauling la unidad es la raíz cuadrada de energía, en Mulliken, por el contrario, la unidad es energía. Es importante destacar que en otras escalas de EN las unidades en que se mide esta magnitud son fuerza, energía/

electrón, fuerza/distancia o aun escalas donde la EN es una magnitud adimensional, es decir, simples números.

Señalamos anteriormente que la EN ha sido interpretada de diversos modos, ya sea como una propiedad, una capacidad, un poder de atracción y también como un parámetro formal sin referente alguno. En líneas generales, la idea de pensar la EN como una propiedad es ampliamente aceptada.

Veamos entonces a partir de los modelos dados, *qué tipo de propiedad es la EN*. En efecto, la propiedad que instancia la EN es una propiedad categorialmente diferente en cada uno de los dos modelos reseñados. Mientras que el modelo de Pauling supone que la EN es una *propiedad extrínseca*, el modelo de Mulliken supone que la EN se constituye como una *propiedad intrínseca*. La diferencia e importancia de nociones como «intrínseca» y «extrínseca» se ha discutido ampliamente en el campo de la filosofía (cfr. Lewis, 1983; 1986; Sider, 1996; Rae & Lewis, 1998). Tal distinción aparece a través de diferentes categorías (propiedades categóricas o disposicionales o propiedades intrínsecas o relacionales) en temas relacionados con la filosofía de la identidad, la filosofía de la ética o la filosofía de ciencia. Para el propósito de este trabajo, tomaremos la noción preteórica propuesta por David Lewis (1983), quien define una propiedad intrínseca como una propiedad «que las cosas tienen en virtud de lo que son» mientras que una propiedad extrínseca se define como una propiedad «que las cosas tienen en virtud de sus relaciones o falta de relaciones con otras cosas» (Lewis, 1983: 197). Supondremos entonces la clasificación de propiedades en *propiedades intrínsecas o no relacionales*, por un lado, y *propiedades extrínsecas o relacionales*, por el otro, lo cual es

suficiente para advertir los diferentes e incompatibles modos en que los modelos actuales piensan la EN.

Evaluemos entonces esta distinción en el contexto de los dos modelos de EN presentados previamente. Si observamos el modelo de Pauling podemos inferir que tal modelo supone que la EN es una *propiedad externa o extrínseca* que no pertenece a los átomos aislados sino a la molécula como un todo. Por un lado, en Pauling los enlaces covalentes juegan un papel central. Pero por otro lado, y fundamentalmente, el análisis de la ecuación que permite calcular la EN (véase ecuación 1) muestra que tal cálculo se realiza en función de la relación entre dos sustancias A-B. Hay que advertir, pues esto puede generar alguna confusión, que si en la escala brindada por Pauling se asigna un valor de EN a cada uno de los elementos aisladamente eso se produce solo porque se toma, de modo convencional, al hidrógeno como valor de referencia.

Por el contrario, el modelo de Mulliken nos brinda una imagen muy diferente. En este formalismo (véase ecuación 2) la EN se define para cada átomo aislado en función de ciertas propiedades de los átomos mismos. En Mulliken, la EN es una *propiedad intrínseca* de los átomos en tanto depende de la tensión para atraer o perder electrones. En efecto, en el modelo de Mulliken la EN se determina en función de dos propiedades características de los átomos: el potencial de ionización y la afinidad electrónica. Esto muestra que perdura el inconveniente de entender cuál es el portador al cual se le atribuye la propiedad de EN; es decir, cuál es el referente de la EN: ¿Es una propiedad atómica (intrínseca), y por tanto se refiere al átomo, o bien es una propiedad relacional (extrínseca), en cuyo caso el

referente lo constituiría la molécula como un todo?

Podría pensarse que la EN será una propiedad atómica o molecular dependiendo del tipo de propiedad o propiedades que intervienen en la tarea de modelización. En el caso de Pauling, el calor de formación o disociación de una sustancia es una propiedad extrínseca (molecular) y, en consecuencia, la EN es una propiedad molecular. Del mismo modo, en el modelo de Mulliken el potencial de ionización y la afinidad electrónica son propiedades atómicas, por tanto, la EN es también una propiedad del átomo. Sin embargo, esta regla no puede generalizarse: en algunos modelos la EN es una propiedad molecular, pese a intervenir propiedades atómicas en la modelización (cfr. por ej. Simons, Zandler & Talaty 1976; Tandon, Labarca & Chakraborty, 2021).

Resumiendo y considerando entonces las características recientemente identificadas, la EN de Pauling y la EN de Mulliken no tienen nada en común: no coinciden en términos procedimentales, ni categoriales, ni en términos conceptuales; en otras palabras, *los dos modelos son incompatibles*.

Algunas consideraciones para la enseñanza

A la luz de lo visto hasta aquí, ¿por qué elegir entonces un único modelo de EN? Lejos de una definición unívoca de EN, la ciencia real alberga una gran variedad de modelos de EN y de conceptualizaciones asociadas, que coexisten en las comunidades científicas. Una primera respuesta a la pregunta anterior podría ser que cuanto más simple, mejor. En general, el profesor tiende a adoptar una solución sencilla cuando se trata de concepciones alternativas, como en el caso del concepto de *elemento*, pero

creemos que aquí no se puede dar la misma respuesta a diferentes preguntas. La cuestión no estriba en qué escala debe elegirse, sino *en el motivo para elegir una sola*. Esto significa que no estamos hablando de la escala en sí, sino de qué tipo de concepción tenemos de la ciencia y de la enseñanza de la ciencia.

El análisis de dos modelos clásicos de EN como Pauling y Mulliken muestra que se trata de un problema complejo que debería abordarse cuidadosamente a la hora de enseñar. En este sentido, creemos que algunas reflexiones epistemológicas pueden ser relevantes para su abordaje. En primer lugar, es importante recordar que la práctica científica implica una construcción continua del conocimiento. Si se acepta esto, es indispensable tener presentes los problemas y los vacíos que nos muestra el conocimiento científico actual. Los dos modelos de EN reseñados anteriormente y sus problemas científicos y filosóficos asociados (a saber, el desarrollo histórico de las escalas, la definición del concepto, los dominios de la realidad implicados, la relación entre teoría, modelo y realidad) pueden permitir a los estudiantes apreciar la propia naturaleza de los problemas y las diferentes herramientas que la ciencia proporciona para resolverlos. La enseñanza de una química «momificada», exenta de problemas conceptuales y de los debates asociados, no refleja la práctica científica y, desde nuestro punto de vista, no debería reproducirse en la enseñanza de la ciencia en la medida de lo posible (cfr. Accorinti & Labarca, 2020).

Conclusiones

En este trabajo se ha abordado el problema de la EN desde un punto de vista científico y filosófi-

co. El propósito fue mostrar que este tema presenta una importante cuestión que es necesario considerar a la luz de su enseñanza. En efecto, en la praxis científica coexisten diversos modelos de EN construidos con distintos parámetros o propiedades y que definen la EN desde diferentes dominios de la realidad. El punto clave aquí es destacar que el análisis de dos de los modelos de Pauling y Mulliken 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*.

La historia y la filosofía de la química nos ofrecen una imagen más real de la ciencia al revelar, explicar o dilucidar diferentes aspectos de la práctica científica. En este sentido, el análisis revela que la realidad implica más de un dominio así como una amplia variedad y diversidad de construcciones científicas. Los estudios metacientíficos también pueden ayudarnos a comprender el tipo de conocimiento que construye la ciencia y, en consecuencia, el tipo de enseñanza que debe fomentarse. Si este caso de estudio puede colaborar para que los docentes de química repiensen su práctica profesional, y se repiensen en ella, el objetivo estará cumplido.

Agradecimientos

El autor agradece a la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (FONCyT) (PICT-2018-04519), a la Universidad de Buenos Aires (UBACyT 20020190200097BA) y a la Universidad Austral de Argentina.

Referencias bibliográficas

- ACCORINTI, H. (2019). «Incompatible models in chemistry: the case of electronegativity». *Foundations of Chemistry*, vol. 21, n.º 1, p. 71-81.
- ACCORINTI, H.; LABARCA, M. (2020). «Commentary on the models of electronegativity». *Journal of Chemical Education*, vol. 97, n.º 10, p. 3474-3477.
- ALLRED, A. L. (1961). «Electronegativity values from thermochemical data». *Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry*, vol. 17, p. 215-221.
- ALLRED, A. L.; ROCHOW, E. G. (1958). «A scale of electronegativity based on electrostatic force». *Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry*, vol. 5, p. 264-268.
- BATSANOV, S. S.; BATSANOV, A. S. (2012). *Introduction to Structural Chemistry*. Springer: Dordrecht.
- BERGMANN, D.; HINZE, J. (1996). «Electronegativity and molecular properties». *Angewandte Chemie International Edition in English*, vol. 35, p. 150-163.
- CHERKASOV, A. R.; GALKIN, V. I.; ZUEVA, E. M.; CHERKASOV, R. A. (1998). «The concept of electronegativity. The current state of the problem». *Russian Chemical Reviews*, vol. 67, n.º 5, p. 375-392.
- GORDY, W. (1946). «A new method of determining electronegativity from other atomic properties». *Physical Review*, vol. 69, n.º 11 y 12, p. 604-607.
- JENSEN, W. (1996). «Electronegativity from Avogadro to Pauling. Part I: Origins of the concept of electronegativity». *Journal of Chemical Education*, vol. 73, n.º 1, p. 11-20.
- (2012). «The quantification of electronegativity: some precursors». *Journal of Chemical Education*, vol. 89, p. 94-96.
- LEWIS, D. (1983). «Extrinsic properties». *Philosophical Studies*, vol. 44, p. 197-200.
- (1986). *On the plurality of worlds*. Oxford: Blackwell.
- MULLAY, J. (1987). «Estimation of atomic and group electronegativities». *Structure and Bonding*, vol. 66, p. 1-25.
- MULLIKEN, R. (1934). «A new electronaffinity scale; together with data on valence states and on valence ionization potentials and electron affinities». *Journal of Chemical Physics*, vol. 2, p. 782-793.
- MURPHY, L. R.; MEEK, T.; ALLRED, A. L.; ALLEN, L. C. (2000). «Evaluation and Test of Pauling's Electronegativity Scale». *Journal of Physical Chemistry A*, vol. 104, n.º 24, p. 5867-5871.
- PAULING, L. (1932). «The nature of the chemical bond. IV. The energy of single bonds and the relative electronegativity of atoms». *Journal of American Chemical Society*, vol. 54, p. 3570-3582.
- (1950). *College Chemistry: An Introductory Textbook of General Chemistry*. 2nd ed., San Francisco: W. H. Freeman & Company.
- PAULING, L.; YOST, D. M. (1932). «The additivity of the energies of normal covalent bonds». *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 18, p. 414-416.
- POLITZER, P.; MURRAY, J. S. (2018). «Electronegativity - A Perspective». *Journal of Molecular Modeling*, vol. 24, p. 214-222.
- PRITCHARD, H. O.; SKINNER, H. A. (1955). «The concept of electronegativity». *Chemical Reviews*, vol. 55, p. 745-786.
- RAE, L.; LEWIS, D. (1998). «Defining 'intrinsic'». *Philosophy and Phenomenological Research*, vol. 58, p. 333-345.
- RUTHENBERG, K.; MARTÍNEZ GONZÁLEZ, J. C. (2017). «Electronegativity and its multiple faces: persistence and measurement». *Foundations of Chemistry*, vol. 19, p. 61-75.
- SALAS-BANNUET, G.; RAMÍREZ-VIEYRA, J.; NOGUEZ-AMAYA, M. E. (2011). «La incomprendida electro-negatividad (trilogía). II. Evolución en la cuantificación de la electronegatividad». *Educación Química*, vol. 22, n.º 2, p. 155-161. También disponible en línea en: <<http://www.revistas.unam.mx/index.php/req/article/view/64438>>
- SIDER, T. (1996). «Intrinsic properties». *Philosophical Studies*, vol. 83, n.º 1, p. 1-27.
- SIMONS, G.; ZANDLER, M. E.; TALATY, E. R. (1976). «Nonempirical electronegativity scale». *Journal of the American Chemical Society*, vol. 98, n.º 24, p. 7869-7870.
- SMITH, D. W. (2002). «Comment on 'Evaluation and Test of Pauling's Electronegativity Scale'». *Journal of Physical Chemistry A*, vol. 106, n.º 24, p. 5951-5952.
- TANDON, H.; LABARCA, M.; CHAKRABORTY, T. (2021). «A scale of atomic electronegativity based on floating spherical gaussian orbital approach». *ChemistrySelect*, vol. 6, p. 5622-5627.



Martín Labarca

Es investigador independiente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de Argentina. Profesor en la Universidad Nacional de Quilmes y en la Universidad Austral. Se especializa en filosofía de la química, área en la que ha publicado trabajos en revistas filosóficas, científicas y de educación en química de difusión internacional. C.e.: mglabarca@gmail.com