

FUNDAMENTOS HISTÓRICO-FILOSÓFICOS DE LA QUÍMICA

Historical-philosophical foundations of chemistry

*DOLORES VÉLEZ-JIMÉNEZ**

Universidad Iberoamericana/Asunción, Paraguay
dolores.velez@unibe.edu.py
<http://orcid.org/0000-0003-1103-7856>

*CELSO OBDULIO MORA-ROJAS***

Universidad Del Norte/Asunción, Paraguay
celso.mora.458@docentes.uninorte.edu.py
<http://orcid.org/0000-0001-9735-2683>

Resumen

Existe pertinencia en la integración de los conocimientos de una ciencia natural, predominantemente material como es la química, con el mundo de las ideas de la filosofía y más concretamente con la epistemología. El objetivo central del presente artículo es hacer un aporte acerca de la epistemología de la química, en la consideración de la filosofía, dentro del pensamiento de la diversidad y su importancia educativa. La metodología se enfocó en un tipo no experimental de nivel exploratorio, de método cualitativo y enfoque histórico-interpretativo mediante análisis documental. El desarrollo teórico permite vislumbrar la participación de la química en las dimensiones multidisciplinares, interdisciplinares y transdisciplinares; para ser utilizada en las instituciones de enseñanza media y superior, evitando el continuo y dogmático aprendizaje monodisciplinario. Como hallazgo de la investigación, se estableció que la historia y la química tienen una dimensión fundamental y convergente: la dimensión epistemológica. El devenir histórico de la química da cuenta de las formas de acceder al conocimiento, categorizándola como conocimiento válido. Se concluye que, la epistemología de la química tiene relación causal con el paradigma correspondiente. En la época actual, la química se enmarca en el paradigma positivista lógico –al cumplir con las características gnoseológicas y epistemológicas del mismo– y en la prevalencia de la contrastación empírica.

Palabras clave

Ciencia, Química, Filosofía, Epistemología, Historia, Conocimiento.

Forma sugerida de citar: Vélez-Jiménez, Dolores & Mora-Rojas, Celso Obdulio (2023). Fundamentos histórico-filosóficos de la Química. *Sophia, colección de Filosofía de la Educación*, 34, pp. 291-313.

* Docente internacional e investigadora del Posgrado en Universidad Iberoamericana UNIBE Paraguay. Docente, investigadora, capacitadora y conferencista en universidades latinoamericanas.

** Doctorando en Educación en Universidad Iberoamericana UNIBE Paraguay. Docente e investigador en Universidad del Norte UNINORTE Paraguay.

Abstract

There is relevance in the integration of the knowledge of a natural science, predominantly material such as chemistry, with the world of ideas such as philosophy, and more specifically with epistemology. The central objective of this article is to make a contribution about the epistemology of chemistry, in the consideration of philosophy within the thought of diversity and its educational importance. The methodology focused on a non-experimental type of exploratory level, with a qualitative method and a historical-interpretative approach through document analysis. The theoretical development allows us to glimpse the participation of chemistry in multidisciplinary, interdisciplinary and transdisciplinary dimensions; to be used in secondary and higher education institutions, avoiding continuous and dogmatic monodisciplinary learning. As research finding, it was established that history and chemistry have a fundamental and convergent dimension, the epistemological dimension. The historical evolution of chemistry accounts for the ways of accessing knowledge and categorizing it as valid knowledge. Therefore, it is concluded that the epistemology of chemistry has a causal relationship with the corresponding paradigm, and at the present time, chemistry is part of the logical positivist paradigm, by complying with the epistemological and epistemological characteristics of the same and in the prevalence of the empirical contrast.

Keywords

Science, Chemistry, Philosophy, Epistemology, History, Knowledge.

292



Introducción

La química es un término que hace referencia, tanto a una disciplina del saber, como a una profesión o carrera profesionalizante. Debido a este carácter polisémico del término, es necesaria la revisión conceptual desde la visión y postura de diferentes autores.

Los objetivos fundamentales de esta investigación consisten en el análisis de la relación entre la química, la filosofía y en particular de la epistemología, enfocando las formas de acceder al conocimiento y la posibilidad de un paradigma representativo en cada etapa en la que se presentan los resultados; de modo a disminuir la relación esquivada existente entre dichas disciplinas –además de describir las relaciones multidisciplinares, interdisciplinares y transdisciplinares de la química– enfatizando en el estatus otorgado por Chang et al. (2004) que la considera: ciencia central, con la finalidad de la transmisión y transferencia adecuada de la química a los estudiantes y representar una base teórico-metodológica para los investigadores. Este estudio se integra a la línea de investigación referida a la Epistemología, entendida como la Filosofía de la Ciencia y su condición normativa-fundamentalista de todo proceso científico.

Chang et al. (2004) consideran a la química como ciencia central, dada su propia naturaleza que permite una comprensión importante del mundo y su funcionamiento desde una perspectiva molecular. Esta centralidad obliga a considerar las distintas relaciones disciplinares de la química, sean estas en dimensiones multi, inter o transdisciplinares.

Para Whitten (1998) la química estudia la materia en cuanto a descripción, propiedades físicas y químicas, transformaciones químicas o físicas que sufre y los cambios energéticos que pueden acompañar a las mismas.

La química es una ciencia básica, menciona Domínguez Reboiras (2006). En el campo de la producción de conocimientos, conceptos, teorías, modelos y postulados –esta premisa es totalmente correcta– sin embargo, Whitten et al. (2008) indican que la química está casi siempre presente en los diversos aspectos de la vida, como: la cultura, la salud, el ambiente, la economía, etc., estudiando situaciones prácticas, por lo que también es una ciencia aplicada.

Dentro de los estudios mencionados en los párrafos anteriores, se ha encontrado que la química estudia la materia –concepto coincidente con los de Oxilia et al. (2018)– que además consideran que las transformaciones de la materia son por la acción de la energía y que la química se divide en varias ramas, entre las que existen algunas excepciones, planteando indirectamente la intersección entre las ramas o divisiones de esta ciencia.

Chang et al. (2017) exponen que la química es una ciencia con raíces antiguas, pero moderna y en constante evolución que estudia la materia y los cambios que ocurren en ella, y cuyo propósito en el siglo XXI es el de mantener una función determinante en todas las áreas de la ciencia y la tecnología.

Los niveles de la química, según Atkins et al. (2005), son: el macroscópico, el microscópico y el simbólico. También indican que la ciencia química se centra en todo lo material, afirmando que no existe nada material fuera de la química, sea material vivo, muerto, inerte o mineral.

El problema de investigación se centra en la aparente y escasa integración de los conocimientos de una ciencia natural, predominantemente material como lo es la química, con el mundo de las ideas como lo es la filosofía; y más concretamente, con la epistemología. Por lo anterior, desde la investigación se planteó este interrogante: ¿Cuál es el fundamento epistemológico de la química? los hallazgos son abordados descriptivamente con la filosofía y la epistemología de la química, a la luz de los documentos analizados, desde un enfoque histórico-interpretativo. Como bien lo expresa Chamizo (2009): a pesar de la larga y rica historia de la química, su filosofía es prácticamente una actividad intelectual incipiente.

Desde el punto de vista fenomenotécnico, los objetos de estudio de la química son la materia y la energía. En cuanto a una visión integradora, Martínez (2009) establece que los fenómenos físicos, biológicos, sociales, políticos y ambientales tienen interdependencias. La química, en el concierto de las demás ciencias, no está aislada –parafraseando los tér-



minos de Monroy et al. (2016)– la búsqueda del conocimiento de manera simple produce una realidad desfigurada, y refiriéndose a Morín (1983: 29) aseveran que existe evidencia de que se vive ante el paradigma de la adquisición rápida del conocimiento, sin dar importancia al hecho de que el conocimiento quede reducido y fragmentado.

Por otro lado, Martínez (2009), citado por Monroy et al. (2016), afirma que, existen interconexiones, interdependencias, reciprocidades; por tanto, es necesario y valioso considerar la coherencia integral, sistémica y ecológica de los fenómenos físicos, biológicos, sociales, ambientales y políticos –de lo contrario– los resultados del aprendizaje o de los conocimientos científicos serían simples, aislados y descontextualizados.

La idea a defender, con base en Monroy et al. (2016) ubica a la química como una disciplina porque tiene un cuerpo de conocimientos científicos concebidos bajo paradigmas aceptados en cada época. Sin embargo, considerando su relación con otras ciencias; se puede identificar desde la multidisciplinaria, concepción en la que varias áreas confluyen desde sus métodos hacia un tema específico, o en la interdisciplinaria, en la que los métodos convergen y generan una nueva disciplina como ocurre en la bioquímica o la robótica. Asimismo, Martínez-Miguélez (2009), hace lecturas desde la transdisciplinaria o metadisciplinaria, y pone el énfasis, en la afluencia de saberes, en su interacción e integración recíprocas y en su transformación y superación, en un contexto mucho más amplio y con mayor sentido: un paradigma sistémico.

Como en todas las ciencias, es fundamental discernir entre los aspectos gnoseológicos de los epistemológicos –para comprender las implicaciones que llevan a centrar el conocimiento y sus formas de generación– Vélez y Calderón (2018) enfatizan que la filosofía es considerada como la madre de todas las ciencias, la gnoseología es una derivación de la misma y trata los problemas del conocimiento, de las relaciones sujeto-objeto, así como de la teoría del conocimiento en sí; por lo cual, está circunscrita a grandes temas filosóficos. En cambio, la epistemología se ocupa de las ciencias –en lo particular– y sus campos interdisciplinarios.

Desde la teoría, existe una relación esquivada entre la química y la epistemología descrita por Villaveces Cardoso (2000), quien también afirma que los químicos constituyen el mayor grupo de científicos cuyos resultados son de gran impacto económico en el mundo actual. Por su parte Guzón (2020) menciona que: “filosofía y ciencia con frecuencia llevan discursos paralelos o incluso convergentes, aun siendo ambos discursos de naturaleza crítica” (p. 100). De esta manera, es probable que exista la relación; sin embargo, no ha sido atendida con interés profundo.



La segunda revolución industrial fue un proceso esencialmente químico, así como lo fue la revolución verde lograda por la aplicación de químicos a la agricultura con gran influencia en el medio ambiente, la salud, la agricultura, la biología molecular, la industria pesada, la cosmología, la producción y síntesis de nuevos materiales, la nanotecnología. Son estos tópicos los que se presentan, relacionan y clasifican en el presente documento, a partir de una fundamentación teórica pertinente –a través de una metodología no experimental– de nivel exploratorio, de método cualitativo y enfoque histórico-interpretativo mediante análisis documental. Los resultados, clasificados en etapas históricas, sustentan la importancia de la historia de la química y sus relaciones con la filosofía; particularmente la epistemología, que constata el carácter disciplinario.

Fundamentación teórica



Para comprender las relaciones entre la química, la filosofía y la epistemología, se establecen preceptos y consideraciones teóricas, de modo que esta investigación se ha contextualizado e interpretado, dentro de los marcos enunciados en los párrafos siguientes.

En cuanto al establecimiento de la demarcación de las ciencias, Gadea et al. (2019) expresan que toda ciencia busca el conocimiento de la realidad; y cada disciplina, pretende comprender la parte de la realidad a la que ha circunscrito como su objeto de estudio. Las ciencias se demarcan en dos grandes grupos: las ciencias empíricas y las no empíricas. Las empíricas pretenden pronunciarse sobre el mundo, por lo que las afirmaciones emanadas en su seno deben tener sólidos fundamentos sobre la porción de realidad que toman por objeto, es lo que se conoce como base empírica; es decir, deben confrontar sus afirmaciones con los hechos o sus hipótesis con demostraciones y explicaciones.

Por otro lado, las ciencias formales o no empíricas no presentan esta relación de dependencia respecto a la base empírica, como la lógica y la matemática pura, cuyas proposiciones se demuestran sin referencia esencial a los datos empíricos. Las ciencias empíricas requieren a las ciencias no empíricas como instrumentos. Esta clasificación de la ciencia es equivalente a la distinción entre las ciencias naturales y las ciencias sociales. Las ciencias naturales incluyen la física, la biología, la química, la astronomía.

Es de aceptación general que la química es una ciencia natural y la percepción general de esta ciencia la identifica también como una de las ciencias duras. Sobre la dureza de las ciencias Borjas Gil et al. (2009)

afirman que, es falsa la división entre ciencias duras y ciencias blandas; y que, es prejuicioso considerar a las primeras como científicas y como especulativas a las segundas.

La definición de química más utilizada es la de ciencia que estudia la materia, la energía y sus cambios –como se pudo apreciar en los párrafos precedentes– de modo que su principal objeto de estudio es la materia y la energía. Sin embargo, Sosa (2015) expresa que, si bien la definición es cierta, resulta extremadamente imprecisa, puesto que la química no estudia todo lo concerniente a la materia y la energía; es más bien la física la que estudia la mayoría de los fenómenos relacionados con estos dos objetos de estudio. La química estudia solo una pequeña porción de ese universo.

Siguiendo con Sosa (2015), quien cita a Sosa y Méndez (2011), conceptualiza la química como la ciencia que estudia lo relacionado con los procesos, en los que se obtienen unas sustancias a partir de otras. La química es la ciencia de las sustancias, y su objeto de estudio son las sustancias y sus interacciones, puntualiza el mismo autor.

Chamizo (2009) expone que la química es la disciplina donde se estudia, se practica y se transmite cómo transformar la materia; actividad que podría ser considerada como su teleología o finalidad mediante su lingüística propia y de una lógica específica. Este conocimiento no ha empapado aún a la comunidad académica que sigue considerando a la química con la visión lógica-positivista, como una ciencia reducida a la física. También *considera* que las propiedades químicas de la materia pueden caracterizarse a través de tres ejes que han constituido y constituyen –a lo largo del tiempo– la actividad química. Estos ejes son: el método, la medida y el lenguaje.

Berthelot, citado por Serratosa (1969) expresa que la química crea su objeto. Esta facultad creativa, semejante a la del arte mismo, la distingue esencialmente de las ciencias naturales e históricas. Esta creación del objeto se valora sobre todo, en las reacciones de síntesis, en las que se forman nuevas sustancias a partir de otras.

La química es una ciencia experimental y aunque su práctica se remonta a la propia existencia del ser humano en el planeta; Carmona (2010) aclara que la experimentación química exhaustiva –de carácter científico y sistemático– es relativamente reciente, contando con poco más de dos siglos de desarrollo. El experimento, según Carmona, es una operación que se realiza para provocar una respuesta en el sistema que se estudia. La experimentación química se efectúa mediante análisis y síntesis. Cabe destacar que la actividad científica del químico requiere de un profundo análisis posterior de interpretación correcta y precisa de los



resultados obtenidos. En la ciencia, los experimentos se diseñan para consolidar una teoría; o, por el contrario, para rebatirla o en algunas circunstancias, para distinguir entre dos interpretaciones diferentes u opuestas del mismo fenómeno que se constituyen de esa manera en verdaderos dilemas. En química, los experimentos son realizados principalmente para obtener nuevas sustancias, nuevas moléculas y nuevos materiales, sea por síntesis o por análisis; aunque en Chamizo (2009), se haga alusión al método de la química, bajo la consideración de que la ciencia se divide en dos categorías: la física y la filatelia.

El libro de Química General de Chamizo (2018) expresa que no deben olvidarse los milenarios antecedentes de la química; es decir –la transición de la alquimia, pasando por un período denominado protoquímica, a la química moderna– y tomando las aproximaciones históricas de la química, se hace evidente que diferentes épocas históricas están marcadas por diferentes concepciones, instituciones y objetos epistémicos. De esto último resulta la importancia de repasar las revoluciones de la Química, que se muestran en la Tabla 1

Tabla 1
Las cinco revoluciones de la Química

No. REVOLUCIÓN	AÑOS	PROTAGONISTAS	ENTIDADES
1	1754-1818	Henry Cavendish, Antoine Lavoisier, Jhon Dalton	átomo
2	1828-1874	Stanislao Cannizzaro, Louis Pasteur, Dmitri Mendeleiev	molécula
3	1897-1923	J. J. Thomsom, Gilbert N. Lewis, Marie Curie, Ernest Rutherford	núcleo, isótopo, radical
4	1945-1966	Linus Pauling, Robert S. Mulliken	espín
5	1974-1999	James Lovelock, Richard Smalley, Ahmed Zwail	nanopartícula

Nota. Tomado de Chamizo, José Antonio (2018). Química General. Una Aproximación Histórica. (1ª. Ed.). Universidad Nacional Autónoma de México. pág. 13.

Continuando con la metodología de la química, resulta conveniente tener en cuenta las consideraciones de Pickstone (2000) quien distingue, básicamente, 3 formas de conocimiento desarrolladas a lo largo del período de su estudio: la historia natural, el análisis y la experimentación.

Son formas para comprender la naturaleza y los cambios generados por la acción humana; en otras palabras: lo natural y lo artificial. La historia natural clasifica objetos, los describe e integra los sistemas; el análisis se encarga de descomponer en elementos constitutivos, mientras que, la experimentación nuevamente ordena los elementos con el objetivo de producir nuevos resultados y fenómenos. Son tres maneras de conocimiento que se integran, complementan y presentan en la química.

Después de establecer fundamentos de la química, se otorga paso a la filosofía que, según Vélez y Pérez (2019), es la ciencia primaria que le otorga fundamento a todas las ciencias, siendo uno de sus componentes la epistemología, que es el tratado o estudio de los conocimientos científicos, considerando los métodos científicos en cuanto a objetividad y de su valor para el hombre.

298



En secuencia con lo referido a la filosofía y su relación con la química, Labarca (2005) expresa que, actualmente la epistemología, se ha parcelado en diversas disciplinas enfocadas a analizar los temas filosóficos de las ciencias particulares; así, en la bibliografía y fuentes contemporáneas se encuentra a la filosofía de la biología, de la física, de la matemática. Sin embargo; la filosofía específica de la química y de otras ciencias fundamentales, se encuentra generalmente casi ausente en esas listas; afortunadamente, durante las últimas décadas esta situación de olvido ha comenzado a revertirse. La filosofía específica de la química moderna –aún incipiente– presenta algunos de los dilemas centrales que podrían debatirse en este nuevo interés de investigación tales como: autonomía de la química; modelos, leyes y teorías químicas, importancia de la educación en química, la percepción social de la química, química-tecnología y sociedad, entre los temas más sobresalientes.

Debe tenerse presente que una acepción de la química es la de ser disciplina o asignatura y, forma parte de los planes curriculares a nivel secundario y superior. En estos ambientes, según Raviolo et al. (2011), resultaría interesante realizar discusiones filosóficas en las dimensiones conceptual, histórica y didáctica de los conceptos empleados en la química.

Por su parte Vélez y Calderón (2018) consideran a la epistemología como la disciplina que se enfoca en los procesos del conocer en el ámbito de las disciplinas científicas –siendo un estudio crítico a posteriori de los principios, hipótesis, resultados– de modo a determinar el origen lógico, valor y alcance objetivo de la ciencia estudiada.

Rodríguez (2018) afirma que la epistemología, en su carácter de estudio del conocimiento científico, ha sido de gran ayuda para debates en torno a diferentes aspectos del conocimiento, y para la demostración de

que los conceptos, e incluso nociones, no permanecen estáticos: al contrario, son dinámicos. Por este motivo resulta de interés el estudio epistemológico de la química, como ciencia que está en constante evolución.

Siguiendo con Rodríguez (2018) la epistemología estudia cómo se obtiene y se proporciona validez al conocimiento de las ciencias. Se distingue una epistemología general y una serie de epistemologías especiales, las cuales se orientan a cada una de las áreas de la ciencia. Así, existe una epistemología de la química cuyo enfoque trata de generar explicaciones teóricas y derivar tecnologías de investigación para esta disciplina del conocimiento humano. Resulta importante considerar que cuando se hace referencia a la epistemología de la química, en realidad, se refiere a un determinado y acotado sistema de conocimiento.

En la demarcación de las ciencias naturales, menciona Albuquerque (2016), se tratan de comprobar exactamente los fenómenos mediante una observación muy cuidadosa, superando el aspecto empírico al racional. El empirismo característico de las ciencias naturales –por lo tanto de la química– distingue la experiencia en forma interna y externa, consistiendo la experiencia interna en la percepción de sí misma, mediante la reflexión. Por otro lado, la experiencia considerada como externa, consiste en la percepción a través de los sentidos, entonces se habla en términos de sensación.

En este contexto Adúriz-Bravo et al. (2006) expresan que los sistemas simbólicos permiten la expresión del conocimiento científico, mediante los cuales relaciona proposiciones con evidencias. En el lenguaje de la química, el empleo de la simbología, ocupa un lugar muy importante porque a través de los símbolos y nomenclatura química de los elementos se representan las fórmulas químicas de las sustancias –sean estas simples o compuestas– estableciéndose así el eje del lenguaje utilizando los términos de Chamizo (2007).

Otro eje que caracteriza a la química es la medición, lo cual le da el carácter claramente positivista y cuantitativo. Esta ciencia requirió el establecimiento de unidades de medida acordes a su objeto de estudio; así, para la masa atómica y molecular, ha definido y utiliza la denominada unidad de masa atómica –uma– para expresar la cantidad de masa, en el sistema internacional utiliza el término –mol– solo por nombrar algunos casos. Así el término mol, anteriormente se expresaba mole o los términos –citados por Skoog et al. (1995)– peso fórmula y peso molecular que frecuentemente se empleaban en la literatura antigua como sinónimos de la masa molar, sin olvidar los nombres triviales o comunes de las sustancias que, en un intento de lograr precisión y sistematicidad, se nombran



siguiendo reglas o preceptos estrictos aceptados por la comunidad científica. Lo cual ha caracterizado a la química como una ciencia empírica.

Otro aspecto importante en el lenguaje de la química es el empleo de modelos. De acuerdo a Adúriz-Bravo (2005) el modelo científico es una representación abstracta de un fenómeno que se asemeja a muchos otros fenómenos. La amplia utilización de los modelos en la química radica, según Chamizo (2009), en que estas representaciones permiten las explicaciones químicas sin recurrir a la física.

En los párrafos anteriores, son evidentes las relaciones entre química y filosofía; sin embargo –resulta interesante que dentro de este importante número de profesionistas dedicados a la química– existan pocas personas enfocadas a reflexionar sobre las bases de su disciplina y su relación con otras áreas de conocimiento; dejando breve espacio para los grupos involucrados con temas de interés específico y general, lo cual da como resultado una disciplina ampliamente desarrollada en sus aspectos utilitarios y pragmáticos; pero con bases teóricas lábiles.

300



Materiales y métodos

Desde un paradigma post-positivista, la investigación se desarrolló con un carácter cualitativo y enfoque histórico-interpretativo, el cual, Mardones (2003) concibe los conocimientos desde un marco metodológico distinto a la cuantificación, donde la validez de los enunciados no es técnica, sino a través de la comprensión del sentido en la interpretación de textos. La tipología refiere a una finalidad de investigación básica de alcance temporal de orden transversal y profundidad descriptiva, con naturaleza documental. La técnica aplicada fue el análisis de contenido, con la cual se trabajó una muestra de ocho unidades de análisis, para lo cual fueron considerados como criterios de selección: solo los libros y tratados de rigor científico, disponibles en revistas científicas indexadas o arbitradas y en plataformas de publicaciones electrónicas. No fueron considerados los originales pertenecientes a números monográficos, revisiones, editoriales, cartas al editor y notas informativas.

La selección de los tratados se efectuó a partir de la relación de su título con la categoría temática considerada, especialmente encarados los términos historia y filosofía de la química. Las principales categorías de análisis –desde la gnoseología y como parte del modelo epistémico– quedaron establecidas como: papel del sujeto cognoscente y forma de acceder al conocimiento. Desde la epistemología y como parte del modelo

epistemológico, las categorías de análisis determinadas fueron: importancia de la epistemología y paradigma. Es importante precisar el discernimiento entre modelos, ya que el epistémico se ocupa del problema del conocimiento y el epistemológico, en el fundamento para sistematizar la generación del conocimiento. Lo anterior busca establecer una matriz disciplinaria que fortalezca la relación entre la epistemología y la química. Se considera que la historia propiamente de la ciencia tiene implícitos modelos para el saber científico, por lo tanto, para el saber racional.

El paradigma –como principal cuestión epistemológica– es aquel que describe la manera como una comunidad científica, legítima conceptos y métodos utilizados para una etapa específica de la historia; también vislumbra los aspectos teórico-metodológicos para conocer un fenómeno. La historia de la ciencia muestra al paradigma supralunar, al paradigma del *flogisto*, al paradigma del *éter*; es así como entre otras concepciones, deviene lo propuesto para la química y que se hace evidente en los resultados y discusión de la presente investigación.

Resultados

Se muestran los relevantes hallazgos de la presente investigación ordenados, según las divisiones de las épocas de la Química, con base en Lockemann (1960), quien define la época de la prehistoria o época primitiva hasta el siglo IV d. de C. La época de la alquimia desde el siglo IV hasta el siglo XVI, la época de la yatroquímica desde el siglo XVI hasta la mitad del siglo XVII; y posterior a esta, la época de la Química propiamente dicha.

Tabla 2
Época antigua o primitiva

Papel del sujeto cognoscente	Forma de acceder al conocimiento de la química	Principales representantes	Importancia de la epistemología	Paradigma	Documento analizado
Se comienza a entrever la radicalidad de la teoría atomista. Demócrito parte de una experiencia del pensamiento desde el punto de vista de su estructura, piensa siempre tanto la identidad como la diferencia.	La práctica filosófica.	Demócrito	Demócrito fue el primero en concebir la idea de átomo y su naturaleza indivisible.	Los atomistas afirman este límite en el propio concepto que los define. Se podría considerar un paradigma estructural.	Rodríguez Arriagada, 2014

Papel del sujeto cognoscente	Forma de acceder al conocimiento de la química	Principales representantes	Importancia de la epistemología	Paradigma	Documento analizado
Cuestión fundamental del sujeto cognoscente, el espíritu del hombre que piensa el problema de la materia elemental. Se quería averiguar de qué estaba formado el mundo.	La experiencia diaria y la vida productiva aportaron conocimientos aislados de índole químico, pero faltaban estudios de carácter sistemático.	Teofrasto: escribió De los minerales, donde fue mencionado por primera vez el carbón mineral.	En la antigüedad, la química fue desconocida en su sentido actual, el estado de los conocimientos en el arte de la naturaleza y capacidad técnica era considerable.	La doctrina de los elementos establece que en la tierra existen cuatro sustancias fundamentales, fuego, aire, agua, tierra.	Lockemann, 1960

Nota. Elaborada por los autores con base en Rodríguez Arriagada, M. (2014). Demócrito: una “nueva” práctica de la filosofía. *Byzantion Nea Hellás*, (33), Pág. 101–118 y Lockemann, Georg (1960) Historia de la Química.

302



En la época antigua las personas accedían a los conocimientos basales de la química mediante la filosofía, la ciencia primera. Esta situación ubica a la química como una ciencia antigua, que fue desarrollándose, con la propia evolución de la humanidad. Los resultados pertenecientes a la Tabla 2 indican que, en el seno de la filosofía que constituye la búsqueda incesante de la sabiduría, comenzó el desarrollo de la química, como disciplina científica.

Tabla 3
Época de la Alquimia

Papel del sujeto cognoscente	Forma de acceder al conocimiento de la química	Principales representantes	Importancia de la epistemología	Paradigma	Documento analizado
Misticismo, mezclado con la magia.	La Alquimia fue considerada como mística y mágica y secreta. Posteriormente exclusiva de unos cuantos.	La preparación de la potasa caustica mediante la cal se atribuye a San Alberto.	Los alquimistas consideraban el carácter metálico, la volatilidad y la combustibilidad.	Piedra filosofal, Hermética.	Babor & Ibarz, 1960.
El sujeto está ante un arte cosmético, hecho de maestría, prodigio y poder.	A la ciencia de la alquimia, nunca se accede como fruto de los trabajos del hombre, sino por instrucción o revelación.	Newton: estuvo profundamente influenciado por los movimientos neoplatónicos y herméticos de su época.	Utilizaba métodos que hoy día aún se usan para investigar la naturaleza.	Alegoría, simbología.	Brock, 1998.

Nota. Elaborada por los autores a partir de Babor, Joseph A.; Ibarz Aznárez, J., (1962) Química General Moderna Editorial Marín SA, Bilbao y Brock, William H. (1998) Historia de la Química.

La época de la alquimia constituye un periodo de alto misticismo, magia, esoterismo –que implica lo oculto y reservado– además del exoterismo que implica lo común, lo accesible o público. De esta época, provienen algunas técnicas, metodologías y equipos utilizados hasta el presente. Entre varios paradigmas hallados en el periodo de la alquimia, la simbología tal vez constituya una de las más importantes, puesto que la notación y nomenclatura de la química –como ciencia formal– tiene como base el empleo de símbolos para la representación de los elementos y de las fórmulas químicas de las moléculas.

Tabla 4
Época de la Yatroquímica

Papel del sujeto cognoscente	Forma de acceder al conocimiento de la química	Principales representantes	Importancia de la epistemología	Paradigma	Documento analizado
Preparación de drogas y remedios.	Misma forma de la alquimia, pero con el objetivo de la cura de enfermedades.	El objetivo de la alquimia era la curación de la enfermedad, según Paracelso.	Yatroquímica o química médica.	Remedios, Química médica	Babor & Ibarz, 1960
El sujeto invocaba a la química como apoyo para la medicina, con interpretación panteísta e individualista.	Solo se trasmitían exclusivamente por y a través de la inspiración propia del mago.	Paracelso.	Enigmática, querían encontrar y preparar remedios útiles.	El agua y el fermento o principio organizativo activo. La doctrina de la tria prima.	Brock, 1998.

Nota. Elaboración propia de los autores con base en Babor, Joseph A.; Ibarz Aznárez, J., (1962) Química General Moderna Editorial Marín SA, Bilbao y Brock, William H. (1998) Historia de la Química.

Los hallazgos mostrados en la Tabla 4, denotan un salto histórico significativo en el desarrollo de la química, evidenciando que la teleología de la yatroquímica era la de producción de remedios. Esta época breve –hasta ignorada por varios autores– constituye el fundamento de la galénica y de la química farmacéutica.

Tabla 5
Época Actual

Papel del sujeto cognoscente	Forma de acceder al conocimiento de la química	Principales representantes	Importancia de la epistemología	Paradigma	Documento analizado
La química omnipresente.	No solo descubrir, también inventar y crear.	Emil Fischer. Jean-Marie Lehn, Donald Cram y Charles Pedersen.	Satisface las necesidades de la humanidad.	La molécula y el reconocimiento molecular, nanotecnología	Lehn, 2011
Ser hombre es transformar la materia, todos somos químicos	Mediante la sistematización y matematización de la Química.	Antoine Lavoisier, Joseph Priestley, Dimitri Mendeleiev	La química como ciencia.	La tabla de Mendeleiev. Ciencia cuantitativa. Síntesis química.	Meyer, 2011
El sujeto cuestiona la teoría del flogisto, experimentos base de la química	Se erradica la teoría del flogisto al conocerse la naturaleza verdadera de la combustión.	Lavoisier	Principio de la conservación de la materia.	Química como ciencia moderna.	Babor & Ibarz, 1960
Quinta revolución química.	Química Supra-molecular.	Estudiosos de las nanopartículas.	La Química ha llegado al límite de lo posible, desarrollando reacciones químicas extremadamente rápidas.	El concepto de átomo, puede verse ahora, en movimiento y manipularse.	Chamizo, 2009

Nota. Elaborada por los autores con base en Lehn, Jean-Marie, (2011) La Química: Ciencia y Arte de la Materia. UNESCO enero-marzo 2011; Meyer, Michal (2011). La química y la vida. Los antepasados de la química. Reproducido del Correo de la UNESCO enero-marzo 2011; Babor, Joseph A.; Ibarz Aznárez, J., (1962) Química General Moderna Editorial Marín SA, Bilbao; Chamizo, José Antonio (2009). Filosofía de la química: I. Sobre el método y los modelos. Revistas UNAM. Educación química. Volumen 20 (1), 6-11.

La época actual ha venido desarrollándose de forma evidente, como se observa en las aportaciones de Chamizo (2009): la química ha logrado su identidad propia como ciencia y no como un capítulo de la física. La Tabla 5 muestra los diversos paradigmas de la química hasta los presentes días, como lo muestra Sierra et al. (2014) –es un aporte y complemento de la tabla anterior– llegando hasta la química verde, en la que se consolida la transdisciplinariedad de esta ciencia. Los tiempos actuales se caracterizan por la inmediatez, por ello, no ha de ser sorpresa



que la química vaya adquiriendo otros nuevos paradigmas en periodos cada vez más breves.

En cuanto a la interdisciplinariedad de la química, ha permitido el nacimiento de otras ciencias como la bioquímica, que es definida como el estudio de las moléculas que se encuentran organismos vivos, así como sus reacciones químicas –enfaticando que la vida involucra reacciones bioquímicas– Murray (2013) escribe que la bioquímica se ha convertido en el lenguaje fundamental de las ciencias biológicas Otro resultado de la interdisciplinariedad de la ciencia central es la geoquímica, que puede definirse según Viladevall et al. (1996), como la función que realizan los elementos químicos en la síntesis y descomposición de los materiales de la naturaleza, así mismo, Flores-Morales et al., (2014) precisan que la fitoquímica es –por definición– el estudio de las estructuras químicas de las plantas.

De la conjunción de la química con la histología nace la histoquímica, según Acuña y Elguero (2012) esta ciencia estudia la estructura microscópica de tejidos, células y organelos celulares, su morfología y función; y además, le interesa llevar la descripción a nivel molecular; llegando a conocer la composición y reactividad química del sistema biológico. Citando un ejemplo más de los múltiples que existen en cuanto a la interdisciplinariedad de la química, Baquerizo et al. (2020) precisa que se tiene también a la fisicoquímica, que estudia las propiedades físicas relacionadas con las propiedades químicas de la materia y las leyes de la termodinámica.

En cuanto a la multidisciplinariedad considerada como colaboración disciplinaria, entran tanto las ciencias empíricas como las sociales. Con base en Paoli (2019) se han establecido teorías e hipótesis acerca de las épocas anteriores y han servido para entender la naturaleza y condiciones de la vida humana. Es aquí donde se integran disciplinas como física, biología, lingüística, zoología, ciencia política, sociología, economía, antropología, arqueología, genética, por citar algunas y por supuesto: la química.

Considerando a Doria (2009) y como ejemplo de transdisciplinariedad, se tiene a la química verde; sus principios han sido útiles en el desarrollo de una diversidad de productos y procesos para reducir los riesgos a la salud, los daños al medio ambiente, y además previniendo la contaminación.

Discusión

Desde la investigación, no existe claridad y universalidad en las consideraciones históricas de la química. La ambigüedad que presenta su historia se debe principalmente a la datación del inicio de la química como cien-



cia atribuida a la matematización; como lo expone Meyer (2011), desconociendo todos los eventos y descubrimientos previos, en disonancia con autores como Lockemann (1960) que consideran la existencia de esta ciencia desde épocas remotas o primitivas.

La protoquímica es considerada como etapa de la historia de la química por un escasos número de autores, entre ellos, Chamizo (2018). Llamas (2017) describe en la historia misma del hombre prehistórico, la existencia de una etapa de transición en la edad de piedra –el mesolítico– período que sucedió al paleolítico y antecedió al neolítico, así mismo es entendible y justificable la transición a la química como ciencia madura, pasando por la protoquímica –etapa descrita en esta investigación– y considerada como un período de la historia de la química.

En cuanto a la alquimia, algunos autores como Esteva de Sagrera (1991) dan sentencia negativa a la alquimia como precursor o antecedente de la química; precisamente afirma que la química moderna surgió como contraste de la teoría hermética. Sin embargo, otros autores como Las (2005) afirma que: la alquimia puede ser considerada el antecedente de la química moderna, de la formulación y de lo que hoy se identifica como método científico.

Por otro lado, la yatroquímica es considerada por pocos autores como etapa de la química, lo cual muestra la necesidad de una verificación exhaustiva por parte de los historiadores de la ciencia y, asimismo, constituye el fundamento de la afirmación dada anteriormente, de que la historia de la química no presenta una universalización en cuanto a sus etapas. La presente investigación apoya la afirmación de Chamizo (2018) que expresa que no deben olvidarse los milenarios antecedentes de la química; es decir, la transición de la alquimia, pasando por un período denominado protoquímica, a la química moderna y tomando las aproximaciones históricas de la química se denota que diferentes épocas históricas están marcadas por diferentes personas, instituciones y objetos epistémicos.

El tiempo transcurrido entre las revoluciones de la química fueron de alrededor de una década en las transiciones de la primera y segunda revolución y entre la cuarta y quinta revolución; mientras que, en las transiciones de la segunda a la tercera revolución y de esta a la cuarta –más de dos décadas– Si bien, como lo afirma Kuhn (1962) en las estructuras de las revoluciones científicas se rompen los cauces normales de la ciencia y se establecen nuevas concepciones y metodologías; en la química se ha visto que –en la primera revolución– el paradigma sustituido fue el del flogisto; mientras que –en las demás revoluciones– no fueron descartados los paradigmas, sino la preeminencia en el desarrollo



de la química ocuparon otros objetos epistémicos sin detrimento de los paradigmas considerados válidos hasta esos momentos históricos.

La incursión de los químicos en la filosofía es escasa e incipiente, pero progresiva. La marcada influencia de la filosofía en la etapa antigua de la química –evidencia una vez más– que la ciencia primigenia es la filosofía, como lo expresan Vélez y Pérez (2019): la filosofía es la ciencia primaria que le otorga fundamento a todas las ciencias, siendo uno de sus componentes la epistemología. Aun siendo la relación esquiva entre la química y la epistemología, tal como describe Villaveces Cardoso (2000), se espera que los químicos, quienes constituyen el mayor grupo de científicos –cuyos resultados son de gran impacto económico en el mundo actual– aporten también grandemente a la epistemología de su disciplina. Según Monroy, et al. (2016): “*La epistemología propone mirar la realidad de forma holística para contemplar el dato y su interdependencia con el todo o con el conjunto de propiedades del sistema al que pertenece el dato*” (p. 14). Por lo cual, se puede considerar la pertinencia del discurso expuesto.

En cuanto a la interdisciplinariedad, es innegable la participación de la química en esta forma de colaboración disciplinaria. Desde la posición de Paoli (2019), esta interdisciplinariedad no es la yuxtaposición de varias ciencias, sino es la integración de la teoría de más de una disciplina; sin embargo, en el caso específico de la fisicoquímica, se halla que autores como Capparelli (2013) la define como uno de los tópicos más relevantes de la química, y no una nueva disciplina resultante de la integración de la teoría de la física y la química –y otros– como una nueva disciplina.

La participación de la química en la multidisciplinariedad permite la comprensión de los fenómenos más complejos enunciados por Paoli (2019), como el funcionamiento del cerebro o el cambio climático. En estos tiempos de pandemia de COVID-19, la química ha contribuido con numerosas otras ciencias –tanto para coadyuvar en técnicas y procedimientos de análisis– de modo que las ciencias químicas han aportado soluciones para combatir la enfermedad; –como para garantizar el abastecimiento de productos básicos de higiene, prevención y detección– así el caso de los test laboratoriales y su teoría, además en la tecnología para la generación de vacunas.

Coincidiendo con Martínez-Miguélez (2012) y su concepción de la transdisciplinariedad: como un conocimiento emergente y de rango superior que –parte de un movimiento dialéctico de retroalimentación del pensamiento– coadyuva a integrar diferentes áreas del conocimiento y al acercamiento a una realidad: más completa, más integrada y más verdadera. Se ha visto que la química ha cruzado sus linderos propios



y sus fronteras disciplinares, apoyando de esa manera el entendimiento de la realidad. En el mismo sentido, Cernadas (2009) expone que la idea matriz de la transdisciplinariedad es que diferentes disciplinas trabajen de manera integrada con expertos profesionales y personas involucradas en la solución de problemas concretos.

Conclusiones

En respuesta a la pregunta general de investigación ¿Cuál es el fundamento epistemológico de la química? En primera instancia, luego de la revisión de las etapas históricas de la química, teorizadas y posteriormente integradas en una matriz de consistencia para el análisis, se concluye que, como elementos importantes se consideran a los referentes al papel del sujeto cognoscente, la forma de acceder al conocimiento de la química, los principales representantes, la importancia de la epistemología y el paradigma vigente cada una de las etapas de la ciencia estudiada. Lo anterior permite señalar que filosofía e historia de la ciencia representan una bina inseparable, en este caso, para la química. La condición normativa de la epistemología para acceder al conocimiento está fuertemente influenciada por el devenir de la historia. Lo cual también hace congruencia con Khun (1962) y las revoluciones científicas.

En segunda instancia se concluye que se ha alcanzado el objetivo general, al haber logrado la descripción de la epistemología y el modelo epistémico y epistemológico, a partir del análisis de los elementos considerados y resaltantes en la historia de la química. Con base en Stadler (2010), en términos vigentes, –epistemológicamente– la química se enmarca en el paradigma del positivismo lógico que nace del Círculo de Viena, fundado en 1922 por Schlick. Este paradigma se caracteriza por la lógica formal o lógica matemática, la profundidad analítica, realidad aislada y descontextualizada, la objetividad, el racionalismo –como teoría del conocimiento– modo mecanicista para la relación sujeto-objeto, centrado en la cantidad y neutralidad axiológica. Rudolf Carnap –un miembro sobresaliente– proporciona sustento a la idea anterior señalando que: la objetividad es la condición de los hechos que los hace verificables empíricamente. Lo cual se encuentra en congruencia con los resultados obtenidos que hacen evidencia del trabajo empírico, analítico, objetivo y racionalista en todas las etapas históricas de la química.

El monismo metodológico en la química es indiscutible a partir del método hipotético-deductivo de naturaleza experimental, con una



concepción lineal del proceso investigativo. Por lo tanto, el contar con la claridad necesaria de una epistemología propia para la química, coadyuva en la reflexión hacia una epistemología naturalista para cada tipo de ciencia; y, en consistencia con Gazmuri (2022): “*La razón, desde el modelo positivista (con su idea de progreso) tiene como misión desentrañar las leyes del universo para alcanzar el progreso técnico*” (p. 200). Esto representa una consolidación de la esencia y desarrollo de la química.

Hasta aquí, se denota a la química como una ciencia apegada a las teorías del conocimiento como el empirismo y el racionalismo, la experiencia sensible o empírica concebida desde Protágoras, Locke y Hume –sobre la base del racionalismo– como fuente de conocimiento fundado en la lógica y las matemáticas; teniendo como base las ideas de Platón y Descartes, quienes son los principales exponentes. Como sustento concreto de estas históricas posturas, Aguilar (2011): “*El cientismo o valor absoluto de la ciencia es un corolario del positivismo. El conocimiento positivo denuncia la invalidez de los discursos filosóficos, religiosos y por extensión éticos*” (p. 136). Lo cual demuestra la acotación del pensamiento y que, en contraste a los resultados, el presente artículo propone otra visión metodológica en el estudio que deriva en posibilidades y tendencias epistemológicas para una mejor comprensión de la química –que se enuncian a continuación– como recomendación y sugerencia.

La metodología cualitativa, empírica, mediante el análisis documental de tratados fue pertinente; sin embargo, se propone y recomienda hacer un estudio que integre otras categorías como: el conocimiento sobre epistemología de los químicos del presente, el enfoque axiológico, ontológico y teleológico de los textos de química; para avanzar así en estudios de tipo postpositivista.

Es definitivo que existe un fundamento filosófico, a su vez, gnoseo-epistemológico de la química, aunque este no esté visibilizado rutinariamente en la vida profesional y percepción del químico: siempre presente en las formas de acceder al conocimiento. Finalmente, esta investigación puede representar un ejemplo del interés y acercamiento de los químicos a la filosofía de la ciencia. Es importante señalar la necesidad de concebir un sentido amplio de la investigación desde la epistemología.

Respecto al estudio de las disciplinas, desde el discurso filosófico, la química es una ciencia con capacidad de abarcar el univocismo o verdad única –para avanzar hacia el equivocismo– donde cada ser humano tiene su propia verdad, hasta lograr el plurivocismo, como conocimiento arquetípico (ideas perfectas) e intersubjetivo; reflejo de los alcances de la transdisciplinariedad descrita en esta investigación –por lo que se su-



giere– una inmersión en estos alcances para continuar en la búsqueda del sentido en esta área de conocimiento con énfasis en su importancia educativa para las presentes y futuras generaciones.

Bibliografía

- ACUÑA, A. Ulises & ELGUERO, José
2012 Histoquímica. *An. Quím.*, 108(2), 114-118. Real Sociedad Española de Química. www.rseq.org
- BAQUERIZO, J., MACÍAS, Luis & VALVERDE A., Roberto
2020 *Fisicoquímica*. La Plata, Universidad Nacional de La Plata. E-Book: ISBN: 978-9942-33-316-2
- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín
2005 *Una introducción a la naturaleza de la ciencia: La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. USA: Fondo de Cultura Económica. ISBN: 9505576552, 9789505576555
- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín, SALAZAR, Isabel, MENA, Nubia & BADILLO Edelmira
2006 La Epistemología en la formación del profesorado de Ciencias Naturales. Aportaciones del Positivismo Lógico. *Revista electrónica de investigación en Ciencias*, 1(1). Versión on-line ISSN 1850-6666.
- AGUILAR GORDÓN, Floralba
2011 Reflexiones filosóficas sobre la tecnología y sus nuevos escenarios. *Sophia, colección de Filosofía de la Educación*, 11(2), 123-172. <https://doi.org/10.17163/soph.n11.2011.06>
- ALBURQUERQUE OTERO, María del Valle
2016 *Epistemología de las Ciencias Naturales*. (Trabajo Fin de Máster). Universidad de Valladolid.
- ATKINS, Peter & JONES, Loreta
2005 Principios de la Química. Los caminos del descubrimiento (3ª. Ed.). España: Editorial Médica Panamericana.
- BORJAS GIL, Miriam Isabel, VILCHEZ PAZ, Carlos Fernando
2009 Ciencias “duras” vs. Ciencias “blandas”. *Revista electrónica de Humanidades, Educación y Comunicación Social*, 4(7), 195-209.
- 2004 *Química. La ciencia central*. México: Pearson Educación.
- CARMONA GUZMÁN, Ernesto
2010 La importancia de la experimentación en Química. *Rev. R. Acad. Cienc. Exact. Fis. Nat., España*. 104(1), 189-202. <https://rac.es/ficheros/doc/00903.pdf>
- CAPPARELLI, Alberto Luis
2013 *Fisicoquímica básica*. 1a ed. La Plata: Universidad Nacional de La Plata. E-Book.
- CERNADAS, Emilio
2009 Economía ecológica y transdisciplinariedad. *Calidad de vida y Salud*, 2(2). <http://revistacdvs.uflo.edu.ar/index.php/CdVUFLO/article/view/20>
- CHAMIZO, José Antonio
2007 *La esencia de la Química*. FQ-UNAM, México.



- CHAMIZO, José Antonio
2009 Filosofía de la química: I. Sobre el método y los modelos. *Revistas UNAM. Educación química*, 20(1), 6-11.
- CHAMIZO, José Antonio
2018 *Química General. Una aproximación histórica* (1ª. Ed.). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- CHANG, Raymond & GOLDSBY, Kenneth A.
2017 *Química* (12ª Ed.) México: Mc Graw Hill.
- DOMÍNGUEZ REBOIRAS, Miguel Ángel
2007 *Problemas resueltos de Química. La ciencia básica* (1ª. Ed.). España: PARANINFO.
- DORIA SERRANO, Ma. del Carmen
2009 Química verde: un nuevo enfoque para el cuidado del medio ambiente. *Educación química*, 20(4), 412-420. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2009000400004&lng=es&lng=es
- ESTEVA DE SAGRERA, Juan
1991 *La Química sagrada. De la Alquimia a la Química en el siglo XVII. Historia de la ciencia y la técnica*. Madrid, España: Rústica editorial.
- FLORES-MORALES, Virginia, CASTAÑEDA HERNÁNDEZ, Osvaldo, MONTIEL SANTILLÁN, Tomás & HERNÁNDEZ DELGADILLO, Gloria Patricia
2014 Análisis fitoquímico preliminar del extracto hexánico de hojas de *Hemiphylacus novogalicianus*, una especie endémica de México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 63, 18-23, septiembre-diciembre.
- GADEA, Walter Federico, CUENCA JIMÉNEZ, Roberto Carlos & CHÁVES-MONTERO, Alfonso
2019 *Epistemología y fundamentos de la Investigación Científica*. México: CENGAGE.
- GAZMURI BARROS, Rosario
2022 Afectividad y vulnerabilidad: límites de la razón científica y posibilidades de verdad. *Sophia, colección de Filosofía de la Educación*, 32, 197-223. <https://doi.org/10.17163/soph.n32.2022.06>
- GUZÓN, José Luis
2020 Tecnociencia y consiliencia como una agenda para la filosofía de la técnica. *Sophia, colección de Filosofía de la Educación*, 28(1), 93-115. <https://doi.org/10.17163/soph.n28.2020.03>
- KHUN, Thomas S.
1962 *La estructura de las revoluciones científicas*. Chicago: Illinois.
- LABARCA, Martín
2005 La filosofía de la química en la filosofía de la ciencia contemporánea. *Redes*, 11(21), 155-171.
- LAS HERAS, Antonio.
2005 *Alquimia*. Buenos Aires, Argentina: Albatros.
- LLAMAS, Francisco
2017 *Historia de las instituciones jurídicas, sociales y políticas*. Asunción, Paraguay: Marben Editora & Gráfica S.A. BENMAR.
- MARDONES, José María, URSÚA, Nicanor
2003 *Filosofía de las ciencias sociales y humanas*. México: Ed. Coyoacán.



- MARTÍNEZ MIGUÉLEZ, Miguel
2009 Hacia una epistemología de la complejidad y transdisciplinariedad. *Utopía y Praxis Latinoamericana*, 14(46),11-31. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=27911855003>
2012 Conceptualización de la transdisciplinariedad. *Polis*, 16. <http://journals.openedition.org/polis/4623>
- MEYER, Michal
2011 *La química y la vida. Los antepasados de la química*. Reproducido del correo de la UNESCO enero-marzo 2011.
- MONROY Miguel, TORRES, Diana & JIMÉNEZ, Alan
2016 Epistemología: La complejidad del conocimiento educativo. *Revista Xihmai XI(22)*, 7-28.
- MURRAY, Robert K.
2013 *Harper, Bioquímica Ilustrada*. 29º ed. México, D.F.: McGraw- Hill.
- OXILIA, Elvira, NUNES DE MENDOZA, Beatriz & ZÁRATE IBARRA, Carlos E.
2018 *Manual de Química General & Química Inorgánica*. Paraguay: Editorial Litocolor SRL.
- PAOLI BOLIO, Francisco José
2019 Multi, inter y transdisciplinariedad. *Problema anuario de filosofía y teoría del derecho*, (13), 347-357. <https://www.scielo.org.mx/pdf/paftd/n13/2007-4387-paftd-13-347.pdf>
- PICKSTONE, John V.
2000 *Ways of knowing*. Manchester: Manchester University Press.
- RAVILOLO, Andrés, GARRITZ, Andoni, SOSA, Plinio
2011 Sustancia y reacción química como conceptos centrales en química. Una discusión conceptual, histórica y didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8(3), 240-254.
- RODRÍGUEZ ECHENIQUE, Celso
2018 *Epistemología para universitarios* (1ª. Ed.). El Salvador: Masferrer Editores.
- SERRATOSA, Félix
1969 *Khymós*. Madrid: Editorial Alhambra, S. A.
- SKOOG, Douglas A., WEST, Donald M., HOLLER, F. James
1995 *Química Analítica* (2ª. Ed.). México: Mc Graw Hill.
- SOSA, Plinio
2015 El largo y sinuoso camino de la Química. *Educación química*, 26(4), 263-266. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2015.09.006>
- STADLER, Friedrich
2010 *El Círculo de Viena. Empirismo lógico, ciencia, cultura y política*. México: Fondo de Cultura Económica.
- VÉLEZ JIMÉNEZ, Dolores & CALDERÓN, Rubén
2018 *Fundamentos gnoseo-epistemológicos para la investigación en ciencias sociales*. México: Laripse.
- VÉLEZ JIMÉNEZ, Dolores & PÉREZ VILLAFUERTE, Renné Wilfredo.
2019 *Filosofía y didáctica en la formación de investigadores*. (1ª. Ed.). México: Laripse.



- VILADEVALL SOLÉ, Manuel, VAQUER NAVARRO, Ramón & PÉREZ GUERRERO, David
1996 Geoquímica aplicada al medio ambiente. *Acta Geológica Hispánica*, 30(1-3),
p. 111-130 (Pub. 1996).
- VILLAVECES CARDOSO, José Luis
2000 Química y Epistemología, una relación esquivia. *Revista Colombiana de Filo-
sofía de la Ciencia*, 1(3), 9-26. Universidad El Bosque.
- WHITTEN, Kenneth W., DAVIS, Raymond E., & PECK, M. Larry
1998 *Química general* (5ª. Ed.). España: Mac Graw Hill.
- WHITTEN, Kenneth W, DAVIS, Raymond E., PECK, M. Larry & STANLEY, George G.
2008 *Química* (8ª Ed.). México DF, México: Cengage Learning.

Apoyos y soporte financiero de la investigación

Se otorga el reconocimiento a la Universidad Iberoamericana de Paraguay, en el apoyo al proyecto por parte de las máximas autoridades, a saber; Dra. Sanie Romero de Velázquez. Rectora, Mg. Eduardo Velázquez. Director de Posgrado, Mg. Mónica Ruoti Cosp. Directora de Investigación.



Fecha de recepción del documento: 15 de junio de 2022

Fecha de revisión del documento: 20 de agosto de 2022

Fecha de aprobación del documento: 20 de octubre de 2022

Fecha de publicación del documento: 15 de enero de 2023