

COMPLEJIDAD EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA: ENFOQUE SISTÉMICO PARA FOMENTAR EL PENSAMIENTO CRÍTICO

¹Julio César Ysea Segovia  <https://orcid.org/0000-0002-7047-4186>

Recibido: 13-01-2025

Aceptado: 19-03-2025

Resumen

El presente avance de investigación tiene como propósito reflexionar sobre la complejidad en la enseñanza de la química, enfocándose en un abordaje sistémico para fomentar el pensamiento crítico. La investigación se desarrolla bajo el paradigma cualitativo-interpretativo utilizando el método fenomenológico, el cual permite explorar en profundidad la experiencia de los participantes. El escenario de estudio es el Centro de Reforma Integral (CERIT) en la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi, Ecuador. Los informantes clave son tres docentes de la institución. Para la recolección de la información se empleó la entrevista en profundidad, garantizando una comprensión integral de la realidad investigada. El procesamiento de la información se fundamenta en técnicas de estructuración, contrastación, triangulación y teorización, complementadas con matrices de análisis que facilitan la interpretación del contenido. Este enfoque metodológico permitió develar hallazgos significativos sobre la enseñanza de la química en contextos educativos específicos. Algunos de éstos, apuntan a transformar los paradigmas tradicionales hacia una enseñanza basada en la complejidad, que prepare a los estudiantes para enfrentar los desafíos de un mundo interconectado. La visión de futuro del estudio aporta eventos significativos a fin de avanzar en la enseñanza de la química, promoviendo competencias críticas y sistémicas, propias del siglo XXI.

Palabras clave: educación interdisciplinaria; enseñanza de la química; pensamiento crítico.

COMPLEXITY IN CHEMISTRY TEACHING: A SYSTEMIC APPROACH TO FOSTER CRITICAL THINKING

Abstract

The objective of this research advance is to describe the complexity in the teaching of chemistry, focusing on a systemic approach to promote critical thinking. The research is developed under the qualitative-interpretative paradigm using the phenomenological method, which allows for an in-depth exploration of the participants' experience. The study setting is the Center for Integral Reform (cerit) in the city of Latacunga, province of Cotopaxi, Ecuador. Key informants include three teachers from the institution. For data collection, techniques such as in-depth interviews and participant observation are used, guaranteeing a comprehensive understanding of the reality investigated. The processing of the information is based on structuring, contrasting, triangulation and theorization techniques, complemented by analysis matrices that facilitate the interpretation of the data collected. This methodological approach allows us to unveil significant findings on the teaching of chemistry in specific educational contexts. The results of the study aim to transform traditional paradigms towards complexity-based teaching, which prepares students to face the challenges of an interconnected world. Ultimately, this research seeks to contribute to the advancement of chemical education, promoting critical and systemic competencies in the twenty-first century.

Key words: complexity in education; chemistry teaching; critical thinking.

¹ Lcdo. en Educación mención Física. MSc. en Educación mención Enseñanza de la Química Doctorante en Ciencias de la Educación.
jysea70@gmail.com

Introducción

Hoy en día, la sociedad mundial se mueve de manera rápida y acelerada transformando radicalmente las dinámicas sociales, económicas, culturales y educativas. Este fenómeno implica la interconexión que demanda la formación de ciudadanos capaces de comprender y actuar críticamente frente a los desafíos globales. Desde el panorama educativo, se hace un llamado de atención a estos cambios, de manera que se active la reflexión profunda sobre la naturaleza del ser y su interacción con el entorno, con el propósito de formar estudiantes capaces de cultivar una comprensión crítica y genuina de la realidad que trascienda lo superficial y la simple acumulación de conocimientos.

En este orden de ideas, la integración de la complejidad en las metodologías de enseñanza se ha convertido en un enfoque significativo, especialmente en el ámbito de la química, en tanto, la cientificidad de la investigación exige cada vez más una comprensión matizada de sistemas multifacéticos. Desde la esencia de lo percibido, los educadores de esta ciencia, están llamados a adaptar sus estrategias de enseñanza para promover el pensamiento crítico entre los estudiantes y fomentan la multidisciplinariedad hacia el aprendizaje significativo (Meinguer Ledesma y Pérez Pérez, 2021).

No obstante, la enseñanza de la química actualmente enfrenta desafíos debido a la creciente interconexión entre los sistemas naturales, sociales y tecnológicos; lo cual da cabida a las nuevas exigencias de esta realidad a fin de que los estudiantes estén preparados para comprender y navegar la complejidad inherente a estos sistemas. Tradicionalmente, la enseñanza de la química, ha seguido un enfoque reduccionista, fragmentado y lineal del conocimiento científico, aunque dichos enfoques fueron efectivos en su momento para la transmisión del conocimiento, resultan insuficientes al desarrollar en los estudiantes las competencias necesarias en el abordaje de los fenómenos químicos que, por su naturaleza, son complejos, emergentes y multidimensionales.

En consecuencia, la enseñanza tradicional de la química se ha caracterizado por métodos que se enfocan en la transmisión de conocimientos teóricos, donde la memorización de fórmulas y conceptos suele ser más importante que la comprensión profunda y la aplicación práctica. De hecho, el carácter que domina el escenario de sus abordajes, particularmente en la educación básica integral, es principalmente expositivo, lo cual dispone el hacer del docente como el principal transmisor de la información, mientras que el estudiante asume un rol pasivo de receptor, según Morales-Suárez (2012), lo cual hace pensar que este método limita al desarrollo de habilidades críticas y creativas en los estudiantes, en tanto no se consolida la promoción participativa del proceso de aprendizaje.

Sin embargo, la enseñanza de la química ha evolucionado de manera significativa, en el reconocimiento de su complejidad disciplinar, al punto que, las implicaciones de este cambio se observan

manifestadas en un contexto que va más allá del conjunto de conceptos aislados, llegando al alcance de escenarios que se activan en la perspectiva de una ciencia interconectada con fenómenos naturales, tecnológicos y sociales. Al respecto, Porro (2022) reflexiona sobre la necesidad de formar ciudadanos que puedan tomar decisiones informadas basadas en un pensamiento crítico respaldado por conocimientos científico-tecnológicos, lo cual destaca el interés por dominar una enseñanza de la química que tenga en cuenta su complejidad y relevancia en la sociedad actual.

De manera similar, García-Triana y Hernández-Castellanos (2023) hacen ver la relevancia de implementar enfoques transdisciplinarios que favorezcan una comprensión más integral de los fenómenos educativos, lo cual, a su vez, facilita la adaptación a entornos en constante cambio frente a la necesidad de buscar soluciones alternativas a los problemas complejos. En este contexto, Ramos Mejía (2020) señala que, para adaptarse a un mundo complejo e incierto, la enseñanza de la química debe centrarse en el enfoque de aprendizaje del estudiante como centro del proceso educativo integral, de manera que puedan asumir la responsabilidad en la resolución de problemas en contextos relevantes y complicados, utilizando la evaluación para desarrollar habilidades de pensamiento crítico.

Ahora bien, la incorporación de enfoques complejos en la educación implica reconocer la interrelación de diversos factores y dimensiones que influyen en el proceso educativo, lo que hace pensar en la condición emergente y reflexiva de enfocarse más allá de las visiones reduccionistas y fragmentadas del conocimiento, fomentando una comprensión profunda y contextualizada de la realidad. Es de este modo como Gonzales-Morales (2024) reflexiona sobre los enfoques de la educación actual, en cuanto a los desafíos que enfrenta, los cuales requieren de una transición hacia paradigmas que consideren la complejidad, en términos de transdisciplinaria ha de en la intencionalidad de formar ciudadanos capaces de comprender y actuar en un mundo interconectado.

De esta manera, se entiende que las metodologías en la enseñanza de la química deben superar las limitaciones del hacer pedagógico centrado en la enseñanza expositiva del docente y la memorización de contenidos por parte del estudiante, en el uso limitando de habilidades, lo cual connota un proceso caracterizado por el fomento del aprendizaje pasivo, con la consecuente índole de grupos receptores de información.

Tal como mencionó Freire (1970), estos hechos son característicos del modelo bancario de educación, donde se deposita conocimientos en los estudiantes sin considerar su contexto, experiencias previas ni la construcción activa del saber, reduciéndose así la capacidad para desarrollar habilidades críticas-creativas, esenciales en un entorno socio-laboral cada vez más complejo y dinámico, además, “la

falta de interacción y participación en el proceso de aprendizaje, contribuye a una desconexión entre el conocimiento adquirido y su aplicación en situaciones reales” (p. 72).

Siguiendo el mismo hilo discursivo, se tiene que las metodologías educativas tienden a evaluar el aprendizaje principalmente a través de exámenes estandarizados que valoran la memorización de hechos, más que la comprensión profunda y la aplicación práctica del conocimiento. Según Shepard (2019), este enfoque evaluativo es limitante y puede inducir a un aprendizaje de corto plazo que no promueve la retención a largo plazo ni el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, a la vez que, puede generar altos niveles de estrés en los estudiantes, afectándose negativamente su bienestar emocional y su motivación para el aprendizaje.

Vale la pena mencionar que, la falta de un enfoque sistémico en la enseñanza de la química perpetúa una visión fragmentada del conocimiento, que puede llevar a la incapacidad de los estudiantes para abordar problemas multidimensionales de manera efectiva. Según Nicolescu (2008), la integración de la complejidad en la enseñanza requiere un cambio de paradigma, donde se reconozca la importancia de la transdisciplinariedad y se fomente la capacidad de los estudiantes para navegar entre diferentes campos del saber. Esto es particularmente relevante en la química, donde los problemas ambientales, energéticos y de salud pública, lo que significa que se ha de poner la mirada en la enseñanza de la química desde un enfoque integral que no se puede abordar adecuadamente en torno a un solo punto de vista disciplinar.

En tal aspecto, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2023), en el documento titulado sobre los futuros que construimos: habilidades y competencias para los futuros de la educación, apunta que la educación debe fomentar el pensamiento crítico y creativo como una herramienta esencial para resolver problemas, especialmente en contextos globales complejos. Este enfoque, que trasciende la mera transmisión de información, implica enseñar a los estudiantes a pensar de forma independiente y a cuestionar de manera constructiva las creencias y suposiciones que predominan.

De igual forma, Cárdenas-Sanabria (2024), señalan que el pensamiento crítico es una competencia fundamental en la educación contemporánea, en tanto, va de la mano con la alfabetización crítica y permite a los estudiantes cuestionar, analizar y sintetizar información de manera efectiva. Desde la enseñanza de la química, se ha de buscar un enfoque que integre la complejidad al promover el pensamiento crítico y creativo, a fin de que el estudiantado esté preparado para enfrentar los desafíos inmersos en múltiples dimensiones, la interdisciplinariedad y las interconexiones de la realidad a fin de buscar alternativas viables en la resolución de problemas.

Lo expresado permite asumir el compromiso de llevar a la realidad estas consideraciones, en un escenario como el Bachillerato General Unificado (BGU), donde la enseñanza de la química representa un contexto ideal para repensar sobre los elementos, factores y condiciones que conllevan el hacer permanente y tradicional en torno a un método único en la enseñanza de la química para dar respuestas a los misterios del universo que se escabullen sigilosamente de la mirada humana.

Se trata de un reto educativo y epistemológico, que requiere un cambio de paradigma en la manera en la cual se enseña y aprende química, y en función de ello, se ha de tener la intencionalidad de formar individuos capaces de comprender y actuar en un mundo complejo e interconectado. Vale la pena, abordar esta situación, de manera interdisciplinaria dada su complejidad, lo que da cabida a capacitar al docente para el desarrollo del pensamiento crítico, en CERIT, como ámbito de estudio en virtud de poder lograr el éxito y la calidad académica en estos tiempos de dificultades.

El avance de este estudio, está enmarcado en la línea de investigación de la Universidad Fermín Toro, del Doctorado en Ciencias de la Educación, vinculado con la Educación para la Participación y el Protagonismo Social. La misma permitirá abrir la concepción de la investigación cualitativa del tema abordado. Por otro lado, permitirá generar un conocimiento que puede servir de apoyo a las diferentes instituciones educativas tanto públicas como privadas, dándose como resultado, motivación a todos los docentes y estudiantes en el logro para una educación de calidad.

Estado de Desarrollo

Enfoque sistémico y complejidad en la educación

El enfoque sistémico en la educación ha cobrado importancia en los últimos años como respuesta a las limitaciones del modelo tradicional de enseñanza, que a menudo se centra en el análisis aislado de conceptos. En el campo de la educación, esta perspectiva se ha visto como una forma de integrar la complejidad de los fenómenos con su entorno. Según Capra (2022), el enfoque sistémico implica entender los fenómenos no como partes independientes, sino como elementos interrelacionados que forman parte de un todo. En la enseñanza de la química, esto significa enseñar a los estudiantes a reconocer cómo diferentes variables, como la temperatura, la presión y la concentración, influyen en los resultados de las reacciones químicas de manera interdependiente, lo cual facilita una comprensión más profunda y holística.

Por tanto, la teoría de sistemas, según Morin (2023), se fundamenta en la noción que los elementos de un sistema interactúan de tal manera que los comportamientos globales surgen de esas interacciones. En el ámbito de la química, esto es esencial para entender fenómenos complejos, como las reacciones de equilibrio o las interacciones en una mezcla. Enseñar a los estudiantes a pensar de forma

sistémica les permite abordar problemas químicos con una mentalidad flexible, capaz de adaptarse a los cambios en las condiciones del sistema. Al respecto, el precitado autor sostiene que este tipo de pensamiento es vital en un contexto educativo que fomente la resolución de problemas, al entender que los estudiantes pueden identificar patrones, prever consecuencias y anticipar cambios dentro de un sistema.

En este sentido, la complejidad, un concepto clave en el enfoque sistémico, se refiere al estudio de sistemas que no pueden ser entendidos simplemente como la suma de sus partes. Según González et al. (2024), el conocimiento complejo se manifiesta cuando se reconoce que los sistemas son impredecibles, interdependientes y no lineales. En el contexto de la educación química, esto implica que los estudiantes deben aprender a abordar los problemas con una mentalidad abierta, evitando buscar soluciones simplistas, ya que los fenómenos químicos resultan de la interacción de múltiples factores de manera impredecible.

Sin embargo, este enfoque desafía la enseñanza tradicional, que a menudo presenta los conceptos de forma fragmentada y desconectada de su contexto real, al integrar la complejidad en la educación química, se permite a los estudiantes desarrollar habilidades críticas para enfrentar las incertidumbres, una de las principales ventajas de incorporar un enfoque sistémico en la enseñanza de la química es que permite a los estudiantes entender los procesos en su totalidad y aplicar ese conocimiento en diferentes contextos. Según Martínez y Pérez (2023), el aprendizaje basado en sistemas fomenta la transferencia de habilidades a nuevas situaciones, ya que enseña a los estudiantes a reconocer patrones y relaciones entre los componentes de un sistema.

El desarrollo del pensamiento crítico en la educación está íntimamente ligado a la aplicación de la teoría de la complejidad en los métodos de enseñanza. Como menciona Morin (2023), la educación debe equipar a los estudiantes para lidiar con la incertidumbre y la ambigüedad que se presentan en el mundo real, donde los problemas no siempre tienen soluciones simples ni respuestas claras, sino que también ofrece la oportunidad de mejorar el desarrollo de habilidades adaptativas y críticas en los estudiantes, preparándolos mejor para enfrentar los desafíos del siglo XXI.

En el ámbito de la química, esto implica que los estudiantes deben ser capaces de analizar situaciones en las que los resultados son inciertos o no coinciden con las expectativas teóricas. Al incorporar la complejidad en la enseñanza, los docentes pueden ofrecer a los estudiantes herramientas que fomenten su capacidad crítica, permitiéndoles cuestionar y ajustar modelos, teorías y resultados experimentales a medida que se enfrentan a nuevas evidencias o condiciones experimentales. Así, el enfoque sistémico no solo enriquece la comprensión de los fenómenos químicos, sino que también

prepara a los estudiantes para convertirse en pensadores autónomos y críticos en su futura práctica científica.

Teoría de la Complejidad en la Educación Química

En el contexto educativo, la teoría de la complejidad se ha convertido en un enfoque fundamental en la educación actual, especialmente en áreas como la química, donde los fenómenos son intrínsecamente complejos y no lineales, como una manera de analizar y diseñar procesos educativos que consideren la complejidad y la interdependencia de los elementos que conforman los sistemas de enseñanza y aprendizaje en la química (Capra, 2019).

En tal sentido, Según González et al. (2024), esta teoría busca entender los sistemas en su totalidad, en lugar de descomponerlos en sus partes individuales, en la enseñanza de la química, este enfoque permite a los estudiantes captar los principios básicos, además de investigar las interacciones entre estos principios generadora de los fenómenos emergentes. Desde esta perspectiva, aquellos procesos químicos, que no se pueden comprender completamente por los estudiantes, si se analizan desde contexto fragmentado, implican el hacer de la enseñanza de la química con un enfoque atribuido a los principios de la complejidad, con el fin de hacerlos pensar en términos de redes, de relaciones y dinámicas interdependientes.

En este orden de ideas, el enfoque basado en la complejidad destaca la relevancia de los procesos no lineales, lo cual da a entender que pequeños cambios en las condiciones de un sistema pueden provocar grandes efectos en los resultados. Para Morin (2023), esta perspectiva desafía la noción tradicional que los fenómenos científicos pueden preverse de manera determinista a partir de principios fundamentales que se emana de la educación química, donde se aplican temas de alta significancia, por tanto, al aplicar la teoría de la complejidad, los estudiantes aprenden a abordar estos problemas de forma más integral, menos fragmentada, para ir considerando la interacción entre las variables y reconociendo en los pequeños cambios la generación de grandes diferencias en el resultado final.

Por tanto, el pensamiento crítico es fundamental en la teoría de la complejidad, especialmente en la educación química. Según Paul y Elder (2024), implica la habilidad de analizar, evaluar y sintetizar información de forma reflexiva y profunda. En el contexto de la teoría de la complejidad, este tipo de pensamiento se aplica cuando los estudiantes ven la química como algo más allá de la colección de hechos y fórmulas, sino como un área de estudio donde las conexiones, las incertidumbres y las interacciones son fundamentales.

Sin embargo, un aspecto crucial de la teoría de la complejidad es la idea de emergencia, que se refiere a la aparición de nuevos comportamientos o propiedades que no se pueden prever a partir de las

partes individuales del sistema, es decir, al enseñarles a abordar los problemas químicos de manera crítica y compleja, los educadores ayudan a los estudiantes a desarrollar habilidades que les permitirán asimilar más fácilmente los procesos químicos, además de su adaptabilidad a nuevas situaciones para la resolución de problemas de manera innovadora.

Pensamiento crítico en la educación química a través de la complejidad

El pensamiento crítico para Kuhn (2019) lo define como la capacidad de analizar, evaluar y sintetizar información de manera reflexiva y razonada, con el fin de tomar decisiones informadas y resolver problemas complejos. Esta competencia es considerada fundamental en la educación moderna, al permitir que los estudiantes además de procesar la información que reciben, también cuestionen su credibilidad al aplicarla en diferentes contextos (Paul & Elder, 2019). En un mundo caracterizado por el constante flujo de información y la complejidad creciente de los desafíos globales, el desarrollo del pensamiento crítico se ha convertido en un objetivo medular de los sistemas educativos a nivel mundial.

La teoría de la complejidad se centra en los procesos emergentes, que son esenciales en el estudio de la química. Para Morin (2023) define los fenómenos emergentes como aquellos que resultan de la interacción entre los componentes de un sistema, no obstante, no pueden preverse solo a partir del análisis de esos componentes de forma aislada. En el ámbito de la química, esto se refiere a cómo ciertas propiedades de los materiales, como la solubilidad o la reactividad, surgen de las interacciones entre moléculas, átomos y no se pueden comprender simplemente observando las propiedades individuales de los elementos que las componen.

De hecho, promover el pensamiento crítico a través de este enfoque permite a los estudiantes entender que, a menudo, los resultados de un experimento químico como resultado de una ley universal, es también el producto de una serie de factores interrelacionados que requieren reflexión profunda y análisis detallado. Según Pérez y Martínez (2024), la química, como muchas otras ciencias, está llena de incertidumbre, lo que significa que sus resultados experimentales, a menudo dependen de variables que son difíciles de controlar por completo. En lugar de buscar respuestas simples o definitivas, los estudiantes deben aprender a analizar los datos y a reconocer los límites de su conocimiento.

Sin embargo, el desarrollo del pensamiento crítico en la educación química, a través de la complejidad, también implica la habilidad de generar soluciones innovadoras a problemas complejos. Como mencionan González et al. (2024), el pensamiento crítico es un proceso de reflexión, así como de acción, donde los estudiantes deben ser capaces de aplicar lo aprendido de manera creativa para resolver nuevos problemas. Sin embargo, integrar la complejidad en la enseñanza de la química permite a los

estudiantes desarrollar estas habilidades, preparándolos para enfrentar situaciones en las cuales deben tomar decisiones informadas al manejar la incertidumbre de manera efectiva.

Por lo tanto, la incorporación del pensamiento crítico presenta desafíos importantes en el ámbito educativo, derivadas probablemente de las limitaciones de los currículos tradicionales, que a menudo priorizan la memorización de contenidos en lugar del análisis reflexivo (García & Martínez, 2023). El pensamiento crítico en la educación química, enriquece la comprensión científica de los estudiantes y prepara el terreno del pensamiento complejo en un mundo interconectado, es decir, al abordar la química desde una perspectiva crítica y sistémica, los estudiantes obtienen herramientas para reflexionar sobre su entorno y tomar decisiones informadas, contribuyendo así a una sociedad más consciente.

Sustento Metodológico

La orientación metodológica es fundamental para guiar la investigación hacia el logro de los propósitos establecidos; de manera que al examinar la integración de la complejidad en la enseñanza de la química desde un enfoque sistémico que promueva el desarrollo del pensamiento crítico, se utiliza el paradigma interpretativo, bajo el enfoque cualitativo, al enfocar la comprensión de los fenómenos complejos desde la perspectiva de los participantes, lo cual es pertinente en estudios educativos donde las experiencias y percepciones individuales juegan un papel significativo (Denzin & Lincoln, 2023).

De esta manera, se asume el método fenomenológico con apoyo de la hermenéutica, en el marco entendido de profundizar el sentido y significado atribuido por los actores sociales a sus experiencias subjetivas. La fenomenología se centra en captar la esencia de las vivencias, mientras que la hermenéutica complementa este enfoque al interpretar las narrativas y discursos en un contexto cultural y educativo específico (Van Manen, 2023). Este método es esencial para desentrañar la complejidad que rodea la enseñanza de la química y su conexión con el desarrollo del pensamiento crítico.

El escenario para la investigación es el centro de reforma integral (CERIT), de la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi, Ecuador. Los actores sociales serán considerados desde las percepciones de tres (3) docentes de Bachillerato General Unificado (BGU) de la institución antes mencionada. En cuanto al desarrollo del método se van a emplear cinco fases: Fase o descripción del fenómeno, búsqueda de perspectivas, esencia, la estructura, constitución de la significación y familiarizándose con el fenómeno objeto de estudio.

Éstas, se asumen desde la propuesta de Martínez (2014) el cual supone “priorizar la experiencia vivida en su forma más auténtica y detallada, evitando encasillarla, capturando su riqueza y complejidad sin imponer juicios o interpretaciones preconcebidas” (p. 110). Así, el sentido compartido se articula en torno a Gadamer (2022), atribuyendo el significado al contexto social y cultural, lo cual juega un papel

fundamental en el análisis hermenéutico, en tanto, afecta de manera directa, las prácticas y significados educativos. Desde aquí, se invita a reconsiderar concepciones desde la autenticidad de las experiencias individuales o colectivas emergiendo nuevos significados que conecten con la realidad social y cultural de los involucrados.

La técnica para el acopio de la información, será la entrevista a profundidad, caracterizada por un encuentro cara a cara con el entrevistado, en una atmósfera confiable, a fin de develar las percepciones en la realidad del fenómeno de estudio. Esta información alcanzará los procesos de categorización/codificación y triangulación de la información. Igualmente, Martínez (2014) señala las técnicas de análisis para el procesamiento de la información, que serán de tipo categorial, estructuración, contrastación, triangulación y teorización.

Por otra parte, el proceso de análisis de información se procesará en varias matrices que han de permitir el respectivo análisis y comprensión de orden superior desde las categorías construidas por el investigador en función de los propósitos investigativos y las subcategorías emergentes que develarán los hallazgos. En este entorno de ideas, Smith et al. (2022) destacan que este enfoque permite la identificación de categorías temáticas, y al mismo tiempo, genera campos interpretativos acerca de los significados profundos detrás de las experiencias, discursos y prácticas analizadas.

Por tanto, las vivencias expresadas anteriormente configuran un mosaico de información sobre la categorización, organizando y clasificando los datos en categorías que surgen de la información recolectada, ayudando a identificar patrones y tendencias significativas. Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2023), la categorización facilita la reducción y simplificación de la información, lo cual hace que el análisis cualitativo sea más accesible. De este modo, se trasciende a la estructuración implicando la organización de las categorías identificadas en un esquema que muestre las relaciones entre ellas, facilitando una comprensión más profunda del fenómeno estudiado. Desde este tópico, se argumenta lo anteriormente expresado según los razonamientos de García y López (2024) quienes destacan que la estructuración ayuda a construir un referencial teórico emergente a partir de los datos, permitiendo una interpretación más coherente.

En el entramado de significados, la contrastación consiste en comparar las categorías y patrones que surgen con teorías ya establecidas o con otros conjuntos de datos, con el fin de validar los hallazgos. Según Martínez (2023), este proceso es fundamental para garantizar la credibilidad y la confiabilidad de los resultados en la investigación cualitativa. De igual forma, Ramos-Mejía (2020), argumentan que la triangulación ofrece una visión más completa y robusta del fenómeno que se investiga, ya que ayuda a reducir posibles mitigaciones de influencias personales en el análisis. Esto implica utilizar diferentes

métodos, fuentes de datos o investigadores para validar los resultados y aumentar la credibilidad del estudio.

En concreto, en estas vivencias de recolección de información se destila la teorización, como sostiene López y Torres (2023) al entender que es el paso reflexivo del análisis cualitativo, en el cual se combinan las categorías y relaciones identificadas para crear una aproximación teórica coherente, proporcionando una comprensión más profunda del fenómeno. Estas técnicas que se describieron anteriormente ayudan a la comprensión fenomenológica que trasciende lo particular y desemboca hacia una realidad más significativa respecto a la complejidad en la enseñanza de la química desde un enfoque sistémico que promueva el desarrollo del pensamiento crítico.

Hallazgos de la Investigación

En cuanto al avance de esta investigación, hacia términos de llevar a cabo una resignificación paradigmática educativa, especialmente en el campo de la enseñanza de la química, se ha de entender que los fenómenos naturales son inherentemente complejos y requieren enfoques de enseñanza que vayan más allá de la fragmentación del conocimiento. En este sentido, la enseñanza de la química desde un enfoque de complejidad busca integrar los conocimientos, fomentando la transdisciplinaria dar para concebir una perspectiva holística, creativa y crítica del aprendizaje (Morín, 2022).

Por otra parte, la incorporación de la complejidad en la enseñanza de la química no es simplemente una innovación educativa, sino una respuesta necesaria a las exigencias de un mundo interconectado, en un entorno donde los desafíos globales, como el cambio climático y la sostenibilidad, demandan soluciones que integren diversas disciplinas, a su vez, es esencial que los estudiantes adquieran habilidades para analizar, sintetizar y reflexionar de manera crítica sobre la realidad.

Desde esta perspectiva, el paradigma de la complejidad sugiere un cambio en el enfoque, moviéndose de una enseñanza centrada en contenidos fragmentados hacia una pedagogía sistémica que promueva la integración de conocimientos. La prospectiva de este estudio en el campo de la enseñanza de la química concibe su abordaje en el rediseño curricular, al considerar igualmente, la formación docente como un elemento fundamental para la implementación exitosa de este enfoque, fomentando entornos colaborativos y desafiantes que impulsen el pensamiento crítico y resolución de problemas complejos.

Reflexiones

Un aspecto fundamental de esta visión prospectiva es la evaluación del impacto que tiene el enfoque de complejidad en los resultados de aprendizaje. Prospectiva investigativa da a entender eventos significativos relacionados con la creación de herramientas interdisciplinarias y transdisciplinarias en el

ensamblaje de metodologías que evalúen no sólo el rendimiento académico, sino también las habilidades críticas, creativas y colaborativas de los estudiantes, es decir, una evaluación integral y contextualizada es fundamental para valorar la efectividad de este enfoque y hacer los ajustes necesarios en su implementación.

Por tanto, esta investigación se centra en transformar la enseñanza de la química, al integrar la complejidad como elemento central en la pedagogía. Este enfoque innovador, debe asimilarse desde la adaptación a las exigencias del contexto global, así como en el referido de la formación integral de los estudiantes para abordar los desafíos del futuro de manera crítica y sistémica, además, la fusión de un rediseño curricular, la formación de docentes, la incorporación de tecnología y una evaluación contextualizada, es el camino hacia el alcance comprensivo de esta meta educativa innovadora.

Referencias

- Cárdenas-Sanabria, M. (2024). Estrategias Innovadoras para el desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes de primaria. *Revista Científica de Salud y Desarrollo Humano*, 5(3), 1274-1293. <https://revistavitalia.org/index.php/vitalia/article/view/332/535>
- Capra, F. (2019). *The systems view of life: a unifying vision*. Cambridge University Press.
- Capra, F. (2022). *La trama de la vida: Una nueva perspectiva de los sistemas vivos* (2.ª ed.). Taurus.
- Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (2023). *El manual de investigación cualitativa de SAGE* (6.ª ed.). SAGE Publications.
- Freire, P. (1970). *Pedagogy of the Oppressed*. Continuum.
- Gadamer, H.G. (2022). *Verdad y método* (2.ª ed.). Herder.
- García, M., & Martínez, J. (2023). *Innovación pedagógica en la enseñanza de la química*. Editorial Educativa.
- García, M. L., & López, P. R. (2024). *Análisis cualitativo avanzado: Técnicas y aplicaciones*. Editorial Académica.
- García Triana, B. E., & Hernández Castellanos, B. (2023). Modelos de aprendizaje en la transición hacia la complejidad como paradigma educativo. *Sophia*, 35, 123-140. <https://doi.org/10.17163/soph.n35.2023.07>
- Gonzales-Morales, M. L. (2024). La complejidad en la educación de la actualidad. *Revista Vida*, 1, 100-110. <https://revistavidacunori.com/index.php/revista/article/view/47/60>
- González, M., Pérez, J., & Sánchez, A. (2024). *El pensamiento crítico en la educación superior: Desafíos y oportunidades*. Editorial Académica.
- Kuhn, D. (2019). Critical Thinking as Discourse. *Human Development*, 62, 146-164. <https://doi.org/10.1159/000500171>.

- López, M. J., & Torres, F. (2023). *Teoría fundamentada: Metodología y práctica*. Editorial Investigativa.
- Martínez, A., & Pérez, M. (2023). El rol del docente en el fomento del pensamiento crítico en el bachillerato. *Revista de Educación Contemporánea*, 35(2), 113-126.
- Martínez, J. A. (2023). *Fundamentos de investigación cualitativa*. Editorial Universitaria.
- Meinguer Ledesma, J., & Pérez Pérez, M. D. C. (2021). Desarrollo y evaluación de elementos de pensamiento crítico sobre la química verde en bachillerato. *Investigación en la Escuela*. <https://doi.org/10.12795/IE.2021.i103.08>
- Morales-Suárez, L., Companioni-León, B., & Castillo-Fleites, Y. (2012). El enfoque sistémico de los contenidos químicos en el contexto de las ciencias naturales como premisa en la educación científica de las nuevas generaciones. *Revista Varela*, 12(32), 268-282. <https://revistavarela.uclv.edu.cu/index.php/rv/article/view/404/808>
- Morin, E. (2022). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro* (3.ª ed.). UNESCO.
- Morin, E. (2023). *Introducción al pensamiento complejo*. Editorial Gedisa.
- Nicolescu, B. (2008). *Transdisciplinarity: Theory and Practice*. Hampton Press.
- Paul, R., & Elder, L. (2024). *El pensamiento crítico: Un enfoque para mejorar la enseñanza y el aprendizaje*. Pearson Educación.
- Pérez, M., & Martínez, A. (2024). *Educación y complejidad: Hacia un modelo pedagógico integrador*. Editorial Universitaria.
- Porro, S. (2022). Algunas reflexiones sobre la enseñanza de la Química... y más. *Nuevas Perspectivas*. *Revista de Educación en Ciencias Naturales y Tecnología*, 1(1). <https://revistanuevasperspectivas.aduba.org.ar/ojs/index.php/nuevasperspectivas/article/view/12/10>
- Ramos Mejía, A. (2020). Enseñar Química en un mundo complejo. *Educación Química*, 31(2), 91-97. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2020.2.70401>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2023). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (7.ª ed.). McGraw-Hill
- Shepard, L. A. (2019). Classroom assessment to support teaching and learning. *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science*, 683(1), 183-200. <https://doi.org/10.1177/0002716219843818>
- UNESCO. (2023). *Los futuros que construimos: habilidades y competencias para los futuros de la educación y el trabajo*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386933>
- Van Manen, M. (2023). *Fenomenología de la práctica: Métodos para dar significado en la investigación fenomenológica* (2.ª ed.). Routledge.