



Modelo didáctico activo experiencial con base en TIC para transformar el proceso de aprendizaje relacionado con el concepto de enlace químico en estudiantes de grado noveno de la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac, en el Departamento de Caldas, Colombia desde septiembre (2024) a mayo (2025)

TESIS DOCTORAL

que, para obtener el Grado de Ph.D.

DOCTOR EN EDUCACIÓN E INNOVACIÓN

PRESENTA

ANGELA MORALES RIOS

ASESOR

DR. JOSÉ JAVIER LEAL RIVERO

México, (2025)

La presente Tesis Doctoral debe ser citada como:

Morales Ríos, Angela (2025). Modelo didáctico activo experiencial con base en TICs para transformar el proceso de aprendizaje relacionado con el concepto de enlace químico en estudiantes de grado noveno de la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac. [Tesis de Doctorado de la Universidad de Investigación e Innovación de México - UIIX]



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Se permite la reproducción total o parcial y la comunicación pública de la obra con reconocimiento de la autoría y mención de la Universidad de Investigación e Innovación de México - UIIX.

No se permite el uso comercial ni la creación de obras derivadas.

Resumen.

La presente investigación aborda las dificultades en la enseñanza del concepto de enlace químico en estudiantes de noveno grado de la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac, Colombia, donde los métodos tradicionales limitan el aprendizaje significativo. Se plantea el problema de la desconexión entre teoría y práctica, proponiendo un modelo didáctico activo experiencial basado en TIC para transformar el proceso de aprendizaje. La hipótesis sostiene que este modelo mejora la comprensión conceptual al integrar recursos tecnológicos y prácticas de laboratorio. Los resultados obtenidos mediante pre-test, post-test, grupos focales y encuestas evidencian un incremento significativo en la comprensión, motivación y participación activa de los estudiantes. Las actividades, como simuladores interactivos, modelado 3D y experimentos prácticos, facilitaron la visualización de conceptos abstractos y su conexión con la vida cotidiana. Las conclusiones destacan que el modelo promueve aprendizajes significativos, desarrolla habilidades científicas y es replicable en otros contextos educativos. Se recomienda su integración en currículos de ciencias para fomentar una enseñanza innovadora y contextualizada.

Palabras clave: *Enlace químico, modelo didáctico, TIC, aprendizaje significativo, enseñanza de ciencias naturales.*

Abstract.

The present research addresses the difficulties in teaching the concept of chemical bonding to ninth-grade students at the Santa Luisa de Marillac Educational Institution, Colombia, where traditional methods limit meaningful learning. The problem of the disconnection between theory and practice is addressed, proposing an experiential active didactic model based on ICT to transform the learning process. The hypothesis posits that this model improves conceptual understanding by integrating technological resources and laboratory practices. The results, obtained through pre-test, post-test, focus groups, and surveys, show a significant increase in students' understanding, motivation, and active participation. Activities such as interactive simulators, 3D modeling, and practical experiments facilitated the visualization of abstract concepts and their connection to everyday life. The conclusions highlight that the model promotes meaningful learning, develops scientific skills, and is replicable in other educational contexts. Its integration into science curricula is recommended to promote innovative and contextualized teaching.

Keywords: Chemical bond, didactic model, ICT, meaningful learning, natural sciences teaching

Agradecimientos.

Quiero expresar mi agradecimiento a Dios, por permitirme encontrar la fortaleza para culminar este sueño. A mi familia motivación y fuerza constante.

A mis estudiantes de la institución educativa santa luisa de Marillac, por permitirme descubrir a su lado, por su paciencia y apoyo durante este proceso.

A mi mamá María por su amor infinito y su apoyo incondicional, sobre todo por enseñarme a no rendirme.

A mis hijos mi mayor motivación, mi razón de vivir.

A la universidad UIIX por darme la oportunidad de culminar este sueño.

A mi asesor el doctor José Javier Leal Rivero por su invaluable acompañamiento y disposición para iluminar mi trasegar investigativo.

Dedicatorias.

A mis hijos Gabriel y María Isabel por su amor infinito, por su paciencia, por sus abrazos, por creer en que mamá es fuerte. Son mi mayor tesoro y mi fuente de inspiración.

A mi madre querida María Ríos porque gracias a ella soy quien soy, porque ella me enseñó que no me debo rendir, ella me enseñó a ser fuerte. Por qué siempre creyó en mí.

A mi padre Juan Manuel, por ser un padre presente, por su lucha constante, por su apoyo.

A mi hermana Laura Morales por su apoyo, por su amor, por darme fuerzas en momentos difíciles.

A mi esposo Cristian mazo por su amor, por su paciencia, su tiempo y apoyo constante. Por enseñarme que juntos es mejor, por siempre creer en mí.

A DIOS, por darme la fe y la fortaleza para seguir, por nunca soltarme.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	12
Capítulo 1. Proyección de la Investigación.	15
1.1 Línea de Investigación de la Universidad de Investigación e Innovación de México y su Ámbito de Estudio.	15
1.2 Planteamiento del Problema.	16
1.3 Formulación del Problema (Pregunta de Investigación).	22
1.4 Justificación.	22
1.5 Objeto de Estudio.	24
1.6 Campo de Acción.	25
1.7 Objetivos.	25
1.7.1 Objetivo General.	25
1.7.2 Objetivos Específicos.	25
1.8 Hipótesis.	26
1.9 Alcance Temático.	26
1.10 Delimitación Espacial y Temporal.	26
Capítulo 2. Fundamentos Teóricos y Referenciales	28
2.1 Estado del Arte (Marco Histórico y Actual)	29
2.1.1 Evolución Histórica de la Enseñanza del Concepto de Enlace Químico	29
2.1.2 Antecedentes de Investigación	32
2.2 Marco Teórico	49
2.2.1 Teorías y Modelos de Enseñanza-Aprendizaje	50

		8
2.2.2	Conocimiento del Contenido Pedagógico	64
2.2.3	Aprendizaje del Concepto de Enlace Químico en la Educación Secundaria en la Actualidad	69
2.2.4	El uso de Laboratorios en el Aprendizaje de las Ciencias Naturales y el Concepto del Enlace Químico	70
2.3	Marco Conceptual	81
2.3.1	Enlace Químico	81
2.3.2	Aprendizaje Significativo	82
2.3.3	Modelo Didáctico	82
2.3.4	Estrategias Didácticas	83
2.4	Marco Contextual	88
2.5	Marco Legal y Normativo	90
2.5.1	Normativas Nacionales en Educación	91
2.5.2	Políticas Sobre Innovación Educativa y TIC	99
2.5.3	Normativas Institucionales	101
	Capítulo 3. Fundamentos Metodológicos y Resultados de Investigación.	105
3.1	Cuadro Operacionalización de Variables.	105
3.2	Diseño Metodológico	111
3.2.1	Definición del Enfoque, Diseño y Tipo de Investigación de la Tesis.	112
3.2.2	Definición de Métodos, Técnicas e Instrumentos de Obtención de Datos. 114	
3.2.3	Determinación de la Muestra y su Criterio de Selección.	118
3.3	Trabajo de Campo	119
3.4	Aplicación de los Instrumentos	120
3.5	Procesamiento de la Información.	121

3.6	Análisis de los Resultados en los Datos Obtenidos.	122
3.7	Redacción de Resultados y Discusión.	126
Capítulo IV: Propuesta de Transformación		180
4.1	Fundamentación de la Propuesta de Transformación.	180
4.2	Estructura de la Propuesta de Transformación.	181
4.2.1	Título de la Propuesta	182
4.2.2	Fundamentación Conceptual	182
4.2.3	Objetivo General de la Propuesta	183
4.2.4	Objetivos Específicos de la Propuesta	183
4.2.5	Representación Teórica y/o Práctica (Mediante un Esquema Lógico o Graficación)	183
4.2.6	Fases o Etapas	184
4.2.7	Acciones y/o Actividades (Vinculadas a las Fases o Etapas)	187
4.2.8	Selección de métodos, técnicas e instrumentos para su aplicación	188
4.2.9	Recursos Necesarios Para la Aplicación de la Propuesta	191
4.3	Valoración/ Evaluación / Validación de la Propuesta de Transformación.	191
4.4	Impacto de la propuesta: resultados y testimonios	192
4.5	Ejemplo de Actividades	195
CONCLUSIONES		201
RECOMENDACIONES		204
BIBLIOGRAFÍA		206
ANEXOS		224

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Aspectos fundamentales del desarrollo teórico y referencial de la investigación.</i>	29
Figura 2 <i>El papel del laboratorio de ciencias, 1918-1980.</i>	72
Figura 3 <i>Secuencia didáctica para el aprendizaje del enlace químico.</i>	85
Figura 4 <i>Secuencia didáctica para el aprendizaje del enlace químico.</i>	87
Figura 5 <i>Comparación Pretest y Postest en representaciones Químicas</i>	125
Figura 6 <i>Medias obtenidas en el postest</i>	126
Figura 7 <i>Articulación de los Componentes</i>	184

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Operacionalización de Variables</i>	107
Tabla 2 <i>Matriz Código Abierto</i>	128
Tabla 3 <i>Matriz Codificación Axial</i>	130
Tabla 4 <i>Matriz de frecuencia</i>	132
Tabla 5 <i>Tabla Codificación Abierta</i>	136
Tabla 6 <i>Tabla Codificación Axial</i>	138
Tabla 7 <i>Tabla de Correlaciones</i>	140
Tabla 8 <i>Tabla Matriz de Frecuencias</i>	141
Tabla 9 <i>Propuesta de triangulación</i>	145
Tabla 10 <i>Correlaciones cualitativas</i>	147
Tabla 11 <i>Tabla Comparativa de Resultados: Pretest vs. Postest</i>	148
Tabla 12 <i>Resumen de resultados</i>	152
Tabla 13 <i>Resumen de las estadísticas descriptivas</i>	158
Tabla 14 <i>Prueba t de Student</i>	162
Tabla 15 <i>Actividades desarrolladas en cada fase</i>	187

INTRODUCCIÓN

La educación en ciencias naturales, especialmente en química, es clave para ayudar a los estudiantes a entender y transformar el mundo que los rodea. En un mundo que cambia rápido, con avances tecnológicos y problemas ambientales, enseñar conceptos como el enlace químico es fundamental para que los jóvenes piensen de forma crítica, resuelvan problemas y comprendan mejor la ciencia. Sin embargo, en muchos lugares, sobre todo en América Latina, se siguen usando métodos de enseñanza tradicionales que se centran en memorizar en lugar de aprender de verdad. En Colombia, las pruebas nacionales del ICFES (2022) muestran que los estudiantes de regiones como Caldas tienen dificultades en ciencias naturales, lo que deja claro que hace falta innovar en la forma de enseñar temas complicados como el enlace químico, un concepto básico para entender cómo funciona la materia.

El enlace químico es un tema difícil porque es algo que no se puede ver a simple vista, lo que hace que a los estudiantes les cueste relacionarlo con cosas de su día a día. Este concepto incluye diferentes tipos de uniones entre átomos, como las iónicas, covalentes y metálicas, y es la base para entender otros temas de química, como las reacciones químicas. Pero muchos estudios recientes dicen que las formas tradicionales de enseñar, basadas solo en explicar y memorizar, desmotivan a los estudiantes y hacen que les cueste entender. Por eso, usar herramientas tecnológicas (TIC) y métodos de enseñanza más prácticos y participativos puede ser una solución para hacer que el aprendizaje sea más interesante y significativo.

Esta investigación se basa en la línea de Innovación Educativa y Perspectivas Tecnológicas de la Universidad de Investigación e Innovación de México (UIIX), enfocándose en crear recursos educativos nuevos. La tesis propone un modelo de enseñanza práctico que usa herramientas tecnológicas para mejorar el aprendizaje del enlace químico en estudiantes de noveno grado de la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac, en Villamaría, Caldas, Colombia. Este modelo quiere superar los problemas

de los métodos tradicionales usando simulaciones digitales, laboratorios virtuales y actividades prácticas que ayuden a los estudiantes a conectar la teoría con la vida real. Los antecedentes de este trabajo vienen de estudios recientes que muestran cómo los métodos nuevos pueden mejorar la enseñanza de la química. Por ejemplo, Marcano y Cedeño (2019) encontraron que usar herramientas tecnológicas ayuda a los estudiantes a mejorar habilidades como observar, comparar y analizar en un 75% o más. En América Latina, Torres y Cuellar (2024) destacan que las TIC facilitan entender temas complicados con recursos interactivos. En Colombia, Serna Romaña (2020) estudió las dificultades para enseñar el enlace químico en escuelas rurales, sugiriendo métodos que conecten lo que los estudiantes ya saben con los temas científicos. Estos estudios, publicados en los últimos cinco años, son la base de esta propuesta.

El principal aporte de esta investigación consiste en poder elaborar un modelo de enseñanza en el cual se combinan actividades prácticas, herramientas tecnológicas y experimentos, adaptados a las necesidades en una escuela en Colombia. A diferencia de otros métodos, este modelo logra poder transformar los conceptos teóricos en experiencias de tipo práctica, mediante el uso de simuladores como lo es Phet, recursos virtuales y actividades como la elaboración de jabón artesanal para poder conectar y relacionar el enlace químico con la vida diaria. Además, se evalúa el impacto de este modelo con el uso de herramientas como cuestionarios, pruebas y discusiones grupales, con el fin de verificar su efectividad y si se puede aplicar en otras escuelas.

Desde el punto de vista social, esta investigación quiere ayudar a los estudiantes a adquirir la capacidad de ser más críticos y a entender cómo la química afecta su entorno, para que así puedan tomar decisiones informadas sobre los temas ambientales y sociales. También beneficia a los docentes, dándoles herramientas nuevas para mejorar sus clases y cumplir con lo que pide el currículo actual. En términos de método, el estudio ofrece una guía clara que otras escuelas o investigadores pueden usar para enseñar química u otras ciencias, incluso en lugares con pocos recursos tecnológicos.

La tesis está organizada en cuatro capítulos que explican todo el proceso de la investigación. El Capítulo 1, Proyección de la Investigación, habla del problema, la pregunta principal, los objetivos, la justificación y los límites del estudio, dentro de la línea de investigación de la UIIX. El Capítulo 2, Fundamentos Teóricos y Referenciales,

incluye un repaso de estudios previos que incluye las teorías de aprendizaje y el contexto en base del enlace químico. El Capítulo 3, Fundamentos Metodológicos y Resultados, describe detalladamente cómo se hizo la investigación, las herramientas que se usaron y aquellos resultados que lograron encontrar. Por último, el Capítulo 4, Propuesta de Transformación, explica el modelo de la enseñanza teniendo en cuenta cómo se aplicó y cómo se evaluó, junto con las conclusiones y también las recomendaciones. Esta estructura organiza el trabajo de forma clara y lógica.

En resumen, esta tesis tiene como objetivo cambiar la forma de enseñar química en la educación secundaria, ofreciendo un método innovador que responde a las necesidades actuales en los estudiantes. Mediante el empleo de herramientas tecnológicas, actividades prácticas y ejemplos de la vida real, el modelo busca hacer que el enlace químico resulte más fácil de entender y que los estudiantes se sientan motivados hacia el aprendizaje de química como una disciplina de gran utilidad y emocionante. Los capítulos siguientes detallan los aspectos específicos como los métodos y los resultados, con la finalidad de contribuir a mejorar la enseñanza de las ciencias en Colombia y en otros lugares.

Capítulo 1. Proyección de la Investigación.

Este capítulo aborda la línea de investigación y el ámbito de estudio de la tesis, el planteamiento y formulación del problema, la justificación desde las perspectivas teórica, práctica, social y metodológica, el objeto de estudio, el campo de acción, los objetivos, la hipótesis, el alcance temático y la delimitación espacial y temporal.

1.1 Línea de Investigación de la Universidad de Investigación e Innovación de México y su Ámbito de Estudio.

La Universidad de Investigación e Innovación de México establece sus líneas de investigación para el Doctorado en Educación e Innovación abarcando áreas como estudios comparativos, planificación y gestión, modelos de calidad en la educación, innovación educativa y perspectivas tecnológicas, educación, transversalidad a estudios multidisciplinarios, entre otros (Universidad de Investigación e Innovación de México, s.f.).

Esta investigación se enmarca en la línea de innovación educativa y perspectivas tecnológicas, con énfasis en el campo del diseño e innovación de los recursos didácticos. El objetivo es crear un modelo didáctico que consiga combinar de manera activa lo experiencial con el potencial transformador de las TIC. Esta propuesta surge de una necesidad real, sentida y observada en el aula: la dificultad persistente que tienen los estudiantes de grado noveno para comprender el concepto de enlace químico, un tema que suele ser abstracto, lejano y complejo. Desde ahí, la propuesta toma forma como una construcción pedagógica situada, pensada no solo desde lo teórico, sino desde un contexto educativo dinámico, con sus tensiones, limitaciones y posibilidades.

Se debe destacar que esta línea de investigación permite poder cuestionar y renovar la enseñanza de las ciencias desde un punto de vista creativo, comprometido y pertinente. La tesis, en ese sentido, tiene como objetivo ofrecer un modelo aplicable, adaptable y pensado para contextos reales, en los que en ocasiones los recursos son escasos pero la

motivación intrínseca de los estudiantes se mantiene. De esta manera, se propone una forma distinta y necesaria de enseñar ciencia hoy, la cual está más conectada con el presente y, sobre todo, con los estudiantes mediante actividades como el uso de laboratorios virtuales para contextualizar el enlace químico.

1.2 Planteamiento del Problema.

El Ministerio de Educación Nacional en la serie Lineamientos curriculares Ciencias Naturales y educación ambiental (MEN, 1998) de Colombia, promueve un aprendizaje significativo y contextualizado. En este sentido, el documento estipula que “enseñar ciencias debe ser darle al estudiante la oportunidad de establecer un diálogo racional entre su propia perspectiva y las demás con el fin de entender de mejor manera el mundo en que vive” (*Referente Filosófico y Epistemológico – El mundo de la vida: punto de partida y de llegada*, párr. 14).

Es decir, la enseñanza dentro del área de las ciencias debe proporcionarle a los estudiantes la oportunidad de considerar y respetar las perspectivas ajenas a la suya, siendo razonable con el propósito de aprender a comprender su entorno; para ello es esencial formar su habilidad de pensamiento crítico y alfabetización científica a fin de que sean capaces de tomar decisiones con base en información veraz en un mundo en el que los avances tecnológicos van a un ritmo acelerado y donde hay innumerables desafíos.

Al respecto de lo anterior, en el documento titulado Ciencia para el siglo XXI: una nueva visión y una base para la acción, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO & ABIPTI, 2003), se expone que “los gobiernos deben dar prioridad a la mejora de la educación científica en todos los niveles” (p. 56), destacando la importancia de la educación en el desarrollo del ser humano dentro del ámbito social y ético. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos curriculares por integrar competencias científicas significativas, aún prevalecen prácticas educativas tradicionales que limitan el aprendizaje activo y contextualizado. Tal como evidencian Zompero et al. (2022), el currículo de Colombia, entre otros países de Latinoamérica, privilegian competencias cognitivo-conceptuales y procedimentales,

pero su implementación efectiva enfrenta obstáculos didácticos que afectan la comprensión profunda de los fenómenos científicos, por lo que, ante esta situación, la labor docente es fundamental para lograr cambios significativos en la enseñanza.

En el contexto educativo latinoamericano, dentro de las Ciencias Naturales, la enseñanza de la química sigue estando marcada por enfoques propedéuticos y academicistas que restringen el desarrollo de aprendizajes significativos. Como afirma Lacolla (2024), “aunque mucho se investiga y publica acerca de nuevos modelos didácticos para enseñar ciencia, la realidad nos dice que poco llega al día a día de las aulas y que la mayoría del tiempo los docentes recurren a un formato de enseñanza por transmisión” (p. 137). Esta desconexión entre teoría y práctica se acentúa en temas abstractos como el enlace químico, donde el uso de estrategias tradicionales impide al estudiante construir relaciones entre conceptos científicos y su entorno. Por ello, se hace necesario repensar la enseñanza mediante modelos didácticos activos y experienciales para resignificar el aprendizaje de la química desde una perspectiva significativa y contextualizada.

En la realidad observada en el aula como docente del área de Ciencias Naturales (Química), se evidencia una falta de motivación y percepción de relevancia en los estudiantes hacia la química. Los modelos tradicionales de educación han generado limitantes en la comprensión de los estudiantes por lo que la enseñanza abstracta de la química, su lenguaje complejo y lo submicroscópico del concepto enlace químico, hace que el estudiante vea al docente solo como una figura transmisora de información y a ellos mismos solo en el papel de receptores. Esta problemática observada ha motivado a que esta investigación proponga un modelo que aborde dichas limitaciones mediante actividades experienciales con base en TIC.

Durante la revisión de la literatura de investigación, se encontró que muchos factores inciden en el bajo rendimiento en la asignatura de Química, tales como: la falta de motivación, la falta de comprensión del mundo que los rodea, el ausentismo, la alta deserción escolar, la falta de procesos más activos y participativos que les permita sentirse parte del proceso, la falta de conectividad dentro de la institución educativa, entre otros, lo cual da como resultado un bajo rendimiento estudiantil. (Gómez-Delgado & Arteaga Fuertes, 2024; Pérez et al., 2024; Quinga-Villa et al., 2023; Zevallos Apaza et al., 2024).

En concordancia con lo anterior, las falencias de los estudiantes en lo referente a las Ciencias Naturales pueden evidenciarse en los resultados de las pruebas nacionales aplicadas por el Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (ICFES) en 2024. En dichos resultados se puede observar que, a pesar de los esfuerzos institucionales por promover una educación más equitativa, los resultados más recientes del examen Saber 11 (2024) siguen mostrando marcadas desigualdades en el aprendizaje de Ciencias Naturales entre las distintas regiones del país. Aunque el puntaje promedio nacional en esta área fue de 51,8, regiones como la Amazonía (234 puntos globales) y la Orinoquía (247) se ubicaron muy por debajo de la media nacional, que fue de 256,1. Esto deja en evidencia que aún persisten barreras estructurales que frenan el desarrollo de competencias científicas en estas zonas.

En contraste, la región Centro, que incluye a Caldas, obtuvo un promedio de 267 puntos, solo superado por Bogotá D.C., que alcanzó los 274. Estas cifras reflejan una distribución desigual de las condiciones educativas: mientras algunos territorios cuentan con entornos propicios para el aprendizaje, otros siguen enfrentando enormes desafíos. Este panorama indica que las brechas educativas no se deben únicamente a factores individuales de los estudiantes, sino a profundas desigualdades en aspectos como la infraestructura escolar, el acceso a tecnologías y los métodos pedagógicos. En muchas zonas con bajo rendimiento aún predominan prácticas centradas en la memorización, en lugar de fomentar la comprensión crítica, lo cual limita seriamente el aprendizaje significativo de las ciencias. Así, más que una simple medición del desempeño estudiantil, los resultados del Saber 11 revelan con claridad las inequidades que aún atraviesan el sistema educativo colombiano.

Por otro lado, dentro de los contenidos que los estudiantes deben manejar en Ciencias Naturales se encuentra el concepto de enlace químico, el cual constituye uno de los pilares fundamentales de la química, ya que permite comprender cómo se forman las sustancias a partir de la unión entre átomos. Según Marcano (2021), el enlace químico abarca distintos tipos de interacciones, iónicas, covalentes y metálicas, que son clave para entender las transformaciones de la materia en los sistemas naturales y artificiales. Su importancia también radica en que sirve de base para temáticas posteriores como la

estequiometría, la termodinámica química y las reacciones redox, consolidándose como un contenido propedéutico esencial en la enseñanza de las ciencias naturales.

Dada la complejidad del concepto, es crucial que los docentes diseñen modelos didácticos innovadores que faciliten a los estudiantes la construcción del conocimiento en su proceso de aprendizaje. En concordancia con lo dicho, el Ministerio de Educación Nacional en la serie Lineamientos curriculares Ciencias Naturales y educación ambiental (MEN, 1998) resalta la importancia de una pedagogía centrada en el “Mundo de la Vida”, entendida como la experiencia cotidiana desde la cual los estudiantes interpretan la realidad y construyen sentido.

Continuando, se afirma que “el conocimiento que trae el educando a la escuela [...] no es otro que el de su propia perspectiva del mundo” (Ministerio de Educación Nacional, 1998, p. 6), por lo que el rol del maestro debe orientarse a conectar esos saberes previos con los conocimientos científicos, haciendo del aula un espacio de diálogo entre culturas, saberes y formas de conocer. Esta perspectiva promueve una didáctica flexible, situada y creativa, que valore la diversidad cognitiva y cultural del estudiantado, y que fomente procesos de aprendizaje significativos y socialmente relevantes.

En este orden de ideas, la didáctica es entendida como un componente esencial de la práctica docente, centrada en los modos de enseñar desde una perspectiva reflexiva e innovadora. Según Sanabria et al. (2024) esta “debe acomodarse a las insuficiencias y tejidos sociales de los estudiantes” (p.1351), de tal manera que permita al docente diseñar estrategias flexibles para permitir su adaptación a las diversas situaciones de enseñanza por lo cual, la didáctica no debe centrarse meramente en la transmisión de contenidos sino llegar a actuar como un gestor dinámico entre estos y los estudiantes. Por su parte, Baque y Portilla (2021), explican que las estrategias didácticas “son herramientas que permiten innovar los modelos de educación, promoviendo la implementación de técnicas que optimicen y desarrollen el conocimiento de los estudiantes.” (p.82). Es decir, las estrategias facilitan el desarrollo y la mejora de las habilidades y competencias de los alumnos. En este sentido, la planificación y organización intencionada del proceso de enseñanza y aprendizaje propicia la construcción de aprendizajes significativos y activos, por lo que el diseño, selección e

implementación de las estrategias debe hacerse de manera consciente y reflexivamente atendiendo a la diversidad del grupo de estudiantes.

Asimismo, la implementación de estrategias activas impacta de forma directa en la calidad de los procesos de enseñanza y aprendizaje; al respecto Pizarro (2018, cit. en Chica, 2023), plantea que las estrategias “dinamizan el rol del estudiante permitiéndolo como sujeto activo desde las esferas del saber hacer, el trabajo colaborativo y cooperativo, la comunicación y el liderazgo” (p. 76). De tal modo que los estudiantes pasan de receptores pasivos a actores protagonistas en la construcción de su aprendizaje y como consecuencia de esto, se mejora no solo la comprensión de conceptos, sino que además se desarrollan y consolidan habilidades y destrezas cognitivas y socioemocionales que a la larga contribuyen en aprendizajes duraderos contextualizados y reflexivos.

En el campo específico de la enseñanza de la química, el uso de estrategias didácticas resulta decisivo para poder superar las limitaciones establecidas por su carácter abstracto y complejo. Estudios recientes revelan que la “implementación de recursos didácticos ha transformado radicalmente la experiencia educativa”, especialmente en disciplinas como la química y la biología (Chonillo et al., 2025, p. 256), lo que facilita la comprensión de los conceptos químicos desde un entorno cotidiano para los estudiantes mediante el uso de materiales de experimentación, lúdicos y tecnológicos con la intención de propiciar entornos activos y experienciales para estimular la creatividad, la curiosidad científica, la resolución de problemas y el pensamiento crítico.

Adicionalmente, la integración de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), en el diseño de estrategias didácticas es crucial para la innovación educativa en la enseñanza del enlace químico porque se ha evidenciado que permite la transformación de las estrategias pedagógicas en general. Así lo expresan Bajaña et al. (2025), “las tecnologías digitales se han convertido en herramientas fundamentales que facilitan el acceso a recursos educativos, personalizan el aprendizaje y fomentan un entorno interactivo y colaborativo” (p. 4). Dichas transformaciones se dan tanto por la disponibilidad de las herramientas tecnológicas como por la disposición de los docentes para incluirlas, asumiendo ellos un rol activo y reflexivo dentro de un contexto

digitalizado, empleando las TIC no solo en la simple transmisión de contenidos sino también para contribuir en la construcción activa de aprendizajes significativos. Asimismo, Torres y Cuellar (2024) destacan que "los docentes [...] reconocieron que a través de las TIC pueden mejorar la comprensión de los conceptos químicos" (p. 61), con lo que se demuestra la efectividad de estas como recurso de enseñanza. En este sentido, el empleo de videos interactivos, simuladores, y laboratorios virtuales en estrategias que implementan TIC permite enriquecer la experiencia de la construcción de aprendizajes significativos siendo esto fundamental para asignaturas que tradicionalmente son consideradas complejas.

Diversas investigaciones en Latinoamérica dan cuenta de los impactos positivos del uso de TIC en la enseñanza del contenido de enlace químico. Por ejemplo, en una investigación en Chile, llevada a cabo por Marcano y Cedeño (2019) se concluyó que "el desarrollo de habilidades científicas incrementa, en promedio, por encima de 30 puntos, siendo las más significativas: identificar (75%), observar (79%), reconocer (75%), aplicar (78%), comparar (90%) y analizar (81%)" (p. 1), demostrando que el uso de TIC no solo propicia la mejora del rendimiento académico, sino que además potencia habilidades clave para el pensamiento científico por lo que su incorporación en modelos didácticos activos y experienciales constituye un recurso prometedor para transformar el aprendizaje del concepto de enlace químico en estudiantes de noveno grado.

Finalmente, para transformar la enseñanza del enlace químico, es decisivo integrar TIC con estrategias didácticas activas y contextualizadas, tal como sugieren Macías y Cevallos (2021) "es fundamental trazar estrategias eficientes, como una alternativa para la atención de los estudiantes, en aras de minimizar el impacto que ha causado el cambio repentino en la estructura de estudios" (p. 1518).

La innovación en el contexto educativo debe ser acompañada por una planificación didáctica rigurosa que promueva la participación activa del estudiante, la reflexión crítica y la apropiación significativa de los contenidos. En este marco, el modelo didáctico activo experiencial con base en TIC representa una oportunidad para repensar la enseñanza del enlace químico desde una perspectiva innovadora, participativa y transformadora.

1.3 Formulación del Problema (Pregunta de Investigación).

¿Cómo se puede mejorar el proceso de aprendizaje del concepto de enlace químico en los estudiantes del grado noveno de la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac, en el Departamento de Caldas, Colombia desde septiembre (2024) a mayo (2025)?

1.4 Justificación.

El componente de entorno químico en el plan de estudios de Ciencias Naturales presenta desafíos significativos para los estudiantes de secundaria debido a diversos factores como la falta de hábitos de estudio adecuados, carencia de habilidades previas, o la enseñanza de la teoría sin demostración práctica tanto en el discurso docente como en las representaciones de los libros de textos (Williams Pinto, 2020).

Aprender química no es una tarea tan sencilla, tal como lo menciona (Mora y parga 2010) citado por (Olmos 2021) “...existe rechazo frente al aprendizaje de las ciencias por parte de los estudiantes, descontextualización latente en la enseñanza y ciertos obstáculos epistemológicos asociados con ideas previas sin fundamentos”. (p.11.)

Situaciones que no permiten explorar y potenciar las capacidades de los estudiantes en el reconocimiento de sus nociones previas y la asociación de los conceptos con aprendizajes y experiencias para la vida.

Es por esta razón que desde el área de Ciencias Naturales (Química), se plantea la necesidad de promover cambios en el aula, fortalecer y fomentar el método científico, crítico e investigativo en cada uno de los jóvenes, de manera que puedan relacionar sus nociones previas y transformarlas en aprendizajes. Tras la pandemia, los estudiantes muestran ser competentes en el uso de herramientas digitales (Rahman et al., 2024), lo que facilita la implementación de este modelo, el cual plantea el uso de simulaciones PhET adaptadas a contextos rurales permitiendo al estudiante vivir la experiencia y entender la química como una ciencia cotidiana.

El enlace químico, considerado un pilar fundamental de la química (Williams Pinto, 2020), articula fenómenos naturales y procesos químicos. Este estudio propone un modelo didáctico para mejorar la comprensión y motivación de los estudiantes desde

diferentes escenarios tales como el laboratorio y la virtualidad, que facilitan estrategias de indagación que enlazan las nociones previas de los estudiantes con el concepto de enlace químico. A través de estrategias de participación y análisis de situaciones, como, por ejemplo, la elaboración de jabón se facilita al estudiante comprender conceptos como el de enlace covalente.

Esta investigación se justifica en múltiples dimensiones que llegan a evidenciar su relevancia, pertinencia y oportunidad para el ámbito educativo en general y para la enseñanza de la química en particular. Desde este punto de vista teórico, el estudio aporta a la consolidación del conocimiento sobre los modelos didácticos activos y experienciales los cuales están mediados por TIC, específicamente aplicados al aprendizaje del concepto de enlace químico, el cual es un área tradicionalmente compleja y abstracta para los estudiantes de educación básica secundaria. A nivel nacional y regional, se trata de una contribución significativa al campo de la didáctica de las ciencias, pues ofrece un marco estructurado y contextualizado que consigue responder a las necesidades de modernización e innovación pedagógica en los entornos escolares actuales, donde la integración significativa de la tecnología aún llega a enfrentar desafíos sustanciales.

En el ámbito práctico, la propuesta de un modelo didáctico activo experiencial basado en las TIC logra generar transformaciones inmediatas y tangibles en las prácticas de aula. Este modelo ofrece una ruta metodológica para dinamizar la enseñanza del enlace químico, con estrategias que consiguen promover aprendizajes significativos, mejorando así la comprensión conceptual de los estudiantes y reduciendo la alta tasa de fracaso académico en este tema, tal como lo evidencian estudios previos (Williams Pinto, 2020). Además, consigue optimizar el uso de los recursos tecnológicos ya disponibles en muchas instituciones educativas, contribuyendo al aprovechamiento efectivo de estas herramientas y minimizando el rezago en su implementación pedagógica.

Desde el punto de vista social, el estudio logra tener un alcance de gran amplitud al impactar positivamente a los estudiantes de noveno grado, quienes se encuentran en una etapa clave para el desarrollo de sus habilidades científicas y tecnológicas. Al mejorar la comprensión del enlace químico a través de un enfoque que es más participativo y contextualizado, se fortalecen las competencias científicas que son necesarias para poder

fomentar una ciudadanía crítica, informada y comprometida con la solución de los problemas sociales y ambientales. Indirectamente los docentes se benefician al contar con herramientas pedagógicas innovadoras que enriquecen su práctica y responden a las exigencias del currículo actual, además, la comunidad escolar se beneficia al acceder a una educación más pertinente y equitativa.

Desde el punto de vista metodológico, el diseño de este modelo logra proponer una articulación coherente entre las estrategias didácticas activas, los recursos TIC y la evaluación de su incidencia en el proceso de aprendizaje, lo cual constituye un aporte replicable en otros contextos educativos. Esta propuesta podrá ser utilizada como referente para futuras investigaciones que busquen evaluar o implementar modelos similares en otros contenidos de la química o incluso en otras áreas del conocimiento científico. Asimismo, se genera una base metodológica sólida que llega a contribuir a la sistematización de las buenas prácticas pedagógicas en entornos mediados por tecnología.

Finalmente, la motivación que impulsa a la investigación surge de la dificultad persistente de los estudiantes para comprender el concepto de enlace químico, un saber clave que condiciona el entendimiento de fenómenos químicos más complejos. Esta situación requiere una respuesta educativa innovadora y adaptada a los nuevos escenarios de aprendizaje a fin de mejorar la calidad educativa desde un enfoque didáctico, inclusivo y tecnológicamente pertinente.

1.5 Objeto de Estudio.

El objeto de estudio de la presente investigación es el concepto de enlace químico en estudiantes de grado noveno ya que dicho concepto constituye un eje fundamental en la enseñanza de la química, por lo tanto, su comprensión adecuada representa un desafío recurrente en los procesos de enseñanza y aprendizaje a nivel escolar.

1.6 Campo de Acción.

El campo de acción en el cual se desarrolla la investigación es el de la didáctica de las ciencias naturales enfocado en la enseñanza del concepto de enlace químico a fin de superar dificultades en el aprendizaje. Para ello, se desarrolla e implementa un modelo didáctico activo experiencial con base en TIC

1.7 Objetivos.

1.7.1 Objetivo General.

Proponer un modelo didáctico activo experiencial con base en TIC para transformar el proceso de aprendizaje relacionado con el concepto de enlace químico en estudiantes de grado noveno de la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac, en el Departamento de Caldas, Colombia desde septiembre (2024) a mayo (2025)

1.7.2 Objetivos Específicos.

- Diagnosticar los conocimientos previos y dificultades de los estudiantes de grado noveno de la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac antes de implementar el modelo didáctico activo experiencial con base en TIC para transformar el proceso de aprendizaje relacionado con el concepto de enlace químico
- Sistematizar fundamentos teóricos-pedagógicos como el aprendizaje significativo y la enseñanza por indagación, relacionados con el uso de TIC en la enseñanza del enlace químico.
- Diseñar un modelo didáctico activo experiencial con base en TIC, que contribuya a la transformación de los procesos de aprendizaje del concepto enlace químico en estudiantes de grado noveno.
- Implementar un modelo didáctico activo experiencial con base en TIC para transformar el proceso de aprendizaje relacionado con el concepto de enlace

químico en estudiantes de grado noveno de la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac

1.8 Hipótesis.

La implementación de un modelo didáctico activo experiencial basado en TIC mejora la comprensión conceptual y la motivación en el aprendizaje del enlace químico en estudiantes de grado noveno.

1.9 Alcance Temático.

La investigación se fundamenta en teorías del aprendizaje significativo (Ausubel, 1963), modelo de enseñanza por indagación científica (Istiqomah y Salirawati, 2023), modelos de cambio conceptual (Mason, 2020), así como también en la enseñanza basada en resolución de problemas y TIC (Ibrahimi et al., 2024). En cuanto al desarrollo teórico, se explora el conocimiento del contenido pedagógico, el uso de laboratorios en la enseñanza de química y el concepto de enlace químico.

El estudio adopta un enfoque cuantitativo-cualitativo (mixto), mediante el cual se evalúa la incidencia del modelo didáctico propuesto a través de técnicas como pruebas diagnósticas y de desempeño, observación de clases, entrevistas semiestructuradas y análisis de la participación y motivación de los estudiantes. La muestra se centrará en estudiantes de grado noveno de una institución educativa determinada, bajo un diseño cuasiexperimental con grupo control y grupo experimental.

A nivel aplicado, la investigación busca transformar las prácticas pedagógicas en la enseñanza del enlace químico, desarrollando y validando un modelo didáctico innovador que integre herramientas tecnológicas de forma significativa. Este modelo podrá ser replicado en otros contextos similares y servirá como insumo para el diseño curricular y la formación docente en el área de ciencias naturales.

1.10 Delimitación Espacial y Temporal.

La realización de esta investigación involucra el diseño e implementación de un modelo didáctico activo experiencial con base en TIC para transformar el proceso de aprendizaje relacionado con el concepto de enlace químico en estudiantes de grado noveno de la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac, ubicada en Colombia, en el Municipio de Villamaría, Departamento de Caldas. El período de investigación, por su parte, abarcó los meses de septiembre (2024) a mayo (2025).

Capítulo 2. Fundamentos Teóricos y Referenciales

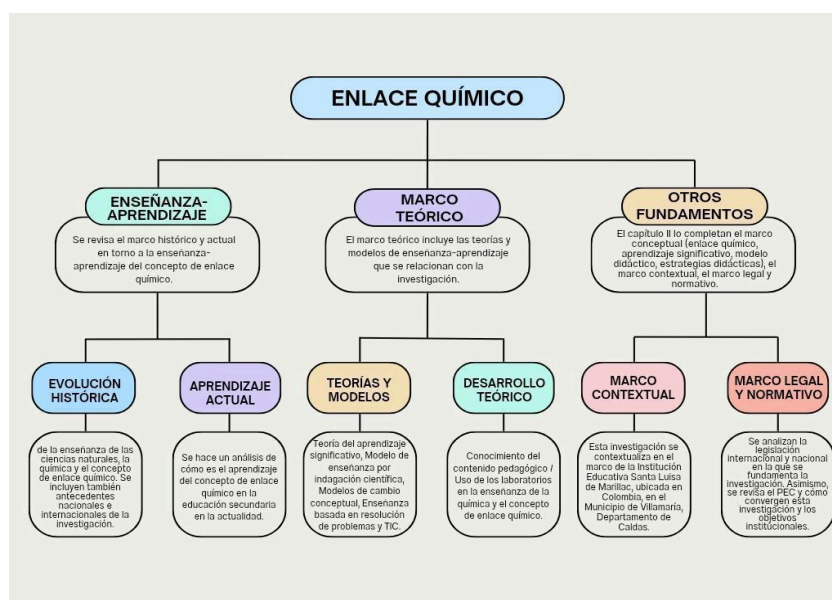
Este capítulo establece los fundamentos teóricos y referenciales de la investigación, con la finalidad de darle contexto al problema de la enseñanza del concepto de enlace químico en la educación secundaria y así sustentar el diseño de un modelo didáctico activo experiencial basado en las herramientas TICs. Se analiza el marco histórico y actual de la problemática, incluyendo la evolución histórica de la enseñanza del enlace químico, los antecedentes de investigaciones nacionales e internacionales, los procesos de aprendizaje de conceptos científicos abstractos en secundaria, los obstáculos epistemológicos en química, y el estado actual del aprendizaje de conceptos básicos de química en este nivel educativo. Estos elementos permiten la identificación de brechas dadas en las prácticas tradicionales y de igual forma ayuda a justificar la necesidad de generar enfoques que sean más innovadores y que a su vez integren tecnología y experiencias prácticas que estén alineados con los objetivos generales de la tesis de transformar el proceso de aprendizaje en estudiantes de noveno grado.

Adicionalmente, se definen las posturas epistemológicas que se encargan de guiar la investigación, junto con las teorías y también los modelos de enseñanza-aprendizaje que son relevantes, como lo son el aprendizaje significativo y la indagación científica. Se desarrollan y relacionan los conceptos clave, tales como el enlace químico y sus tipos, que proporcionan una base muy sólida para conectar la teoría con la propuesta didáctica. Finalmente, se describe lo que es el marco legal y normativo nacional e institucional que respalda el estudio, asegurando de esta manera su pertinencia en el contexto colombiano. La siguiente Figura 1 resume los aspectos fundamentales en lo que respecta al desarrollo teórico y referencial de la investigación sobre el enlace químico y adicional los organiza de manera jerárquica partiendo del concepto central Enlace Químico que se ramifica en categorías principales como lo son la Enseñanza-Aprendizaje, donde se analiza el contexto histórico y actual del aprendizaje de este concepto; por otra parte se menciona el Marco Teórico, que relaciona los fundamentos teóricos y referenciales relevantes; y también se mencionan Otros Fundamentos, que incluye aspectos teóricos, históricos y didácticos adicionales. A partir de estas categorías se derivan subcategorías claves como la Evolución de la enseñanza de las ciencias y la química y su Aprendizaje Actual, con

un análisis de la situación presente del concepto en secundaria; también se mencionan las Teorías y Modelos de aprendizaje, indagación científica, experiencias y prospectiva TIC; el Desarrollo Teórico de los conceptos del enlace químico y su propósito educativo; su Marco Contextual, que abarca el marco conceptual adaptado al contexto institucional de la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac en Caldas, Colombia; y la Normativa Legal, con un análisis del marco normativo nacional e institucional que sustenta el estudio. Esta representación integrada facilita la comprensión de cómo estos elementos se unen con el fin de justificar y respaldar el diseño del modelo didáctico propuesto, alineado con los objetivos de la tesis.

Figura 1

Aspectos fundamentales del desarrollo teórico y referencial de la investigación.



Fuente. Elaboración propia (2025).

2.2 Estado del Arte (Marco Histórico y Actual)

2.2.1 Evolución Histórica de la Enseñanza del Concepto de Enlace Químico

El estudio de la química ha sido desde hace tiempo un pilar fundamental en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, ya que permite comprender de manera más

realista diversos fenómenos del mundo natural. Dentro de los conceptos más importantes se encuentra el enlace químico (Muñoz, 2010). La comprensión moderna de la química se basa en las interacciones de enlace entre átomos e iones, que dan lugar al ensamblaje de todas las formas de materia que encontramos en nuestra vida diaria, aunque no siempre fue así (Constable y Housecroft, 2020).

El concepto de enlace químico se originó a mediados del siglo XIX, pero se desarrolló aún más en el siglo XX con el descubrimiento de la difracción de rayos X. Las reglas de Pauling, basadas en el modelo iónico desarrollado en esa época, se ampliaron posteriormente a medida que se disponía de estructuras cristalinas más precisas, lo que dio lugar al modelo de valencia de enlace (Brown, 2016).

Esta evolución histórica del concepto de enlace químico, desde sus orígenes en el siglo XIX hasta los avances del siglo XX, subraya los desafíos pedagógicos actuales en la enseñanza de temas abstractos, donde los métodos tradicionales a menudo fallan en conectar la teoría con experiencias prácticas, lo que motiva la necesidad de modelos didácticos innovadores que integren herramientas tecnológicas y enfoques experienciales para superar desconexiones entre el conocimiento histórico y el aprendizaje significativo en entornos educativos contemporáneos.

El enlace es lo que separa la química de la física. Si la comprensión de los átomos y sus partículas componentes pertenece principalmente al ámbito de la física, entonces la química se ocupa de la agregación de átomos en entidades químicas unidas por enlaces; de manera similar, si la ciencia es un lenguaje y los átomos son las letras, el enlace es el mecanismo por el cual las letras se combinan para formar palabras (Constable y Housecroft, 2020).

En los primeros enfoques históricos, el concepto de átomo y de enlace químico surgieron casi simultáneamente. Filósofos como Demócrito propusieron que los átomos estaban provistos de ganchos con los cuales se unían entre sí, aunque esta visión fue descartada hasta que se estableció la estructura interna del átomo (Rincón, 2005). Según Livage (1981, citado por Muñoz, 2010), una vez identificadas las partículas subatómicas, los científicos comenzaron a cuestionarse qué fuerzas mantenían unidas a dichas partículas. En este contexto, comenzó a emplearse el término "afinidad" para referirse a una

tendencia natural de los átomos a unirse, en una visión antropomórfica (Izquierdo y Estany, 1990).

Isaac Newton (1642–1727), como se menciona en Muñoz (2010), planteó que todos los cuerpos están formados por partículas semejantes que se atraen mediante la fuerza de gravedad. Así, el primer modelo formal de enlace químico atribuía la unión entre partículas a fuerzas gravitacionales, un modelo que se mantuvo vigente hasta finales del siglo XVIII (Chamizo, 1987). Científicos como Bergman (1735–1784) y Berthollet (1748–1822) propusieron a finales del siglo XVIII que la fuerza de gravedad se entendía como la responsable del enlace químico, aunque esta idea no lograba justificar, por ejemplo, por qué el agua es más estable que el óxido de mercurio, a pesar de ser un compuesto más ligero (Chamizo, 1987). Estas primeras concepciones gravitacionales, aunque superadas, destacan la importancia de contextualizar las ideas científicas para evitar concepciones erróneas en los estudiantes actuales.

A inicios del siglo XIX surgieron nuevas explicaciones sobre la naturaleza del enlace. Humphry Davy (1778–1829) fue el primero en proponer que el enlace químico tenía una naturaleza eléctrica. A través de experimentos con electrólisis, basados en investigaciones de Nicholson y Carlisle, se logró descomponer el agua en hidrógeno y oxígeno, evidenciando el papel de la corriente eléctrica (Muñoz, 2010). Davy sostuvo que los elementos de un compuesto permanecen unidos por fuerzas eléctricas. Más adelante, J.J. Thomson (1856–1940) revolucionó el entendimiento del enlace químico con el descubrimiento del electrón, postulando que el átomo contenía cargas negativas insertas en una masa positiva.

Berzelius (1779–1848), por su parte, desarrolló una clasificación electronegativa de los elementos y formuló la teoría de combinación química (Cruz et al. 1986).

Posteriormente, autores como Frankland, Kekulé, Couper, Butlerov y Kolbe desarrollaron la teoría de la valencia, también conocida inicialmente como “poder combinante”, que explicaba la unión de átomos a través de polos opuestos. A comienzos del siglo XX, Gilbert Lewis propuso que los átomos se enlazan con el fin de alcanzar la estructura electrónica de un gas noble (Rincón, 2005). Paralelamente, Albrecht Kossel (1853–1921) introdujo el concepto de electrovalencia, explicando la formación de iones mediante la transferencia de electrones, y dando origen al modelo de enlace iónico. En

1919, Langmuir, basándose en los modelos de Lewis y Kossel, distinguió dos tipos de enlace: covalente y electrovalente (Chamizo, 1987).

En cuanto al enlace metálico, fue explicado inicialmente por Drude (1863–1906) y Lorentz (1853–1928), quienes propusieron el modelo del gas electrónico, en el que los metales contienen electrones libres que les confieren su capacidad conductora. En 1927, Heitler y London, aplicando los principios de la mecánica cuántica, calcularon las propiedades del enlace en la molécula de hidrógeno, consolidando la teoría de enlace de valencia. Poco después, en 1928, científicos como Robert Sanderson, F. Hund y J.F. Lennard Jones desarrollaron el modelo de orbitales moleculares, que permitió calcular propiedades físico-químicas mediante la probabilidad de localización electrónica. Finalmente, Linus Pauling, en su obra *The Nature of the Chemical Bond* (1939, citado en Bello, 2016), introdujo el concepto de electronegatividad, estableciendo que los átomos se enlazan por la atracción hacia los electrones de otros átomos, y clasificó los enlaces en covalentes, iónicos y metálicos. Esta evolución histórica resalta la necesidad de estrategias didácticas que aborden la complejidad del enlace químico desde sus fundamentos históricos hasta los modelos modernos, integrando herramientas tecnológicas y enfoques experienciales para superar las limitaciones de los métodos tradicionales y fomentar un aprendizaje significativo que conecte la teoría con aplicaciones cotidianas, alineándose con los objetivos de transformar la enseñanza en contextos educativos como el de la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac.

2.1.2 Antecedentes de Investigación

2.1.2.1 Investigaciones Nacionales.

De los 35 estudios identificados en una búsqueda bibliográfica exhaustiva realizada en bases de datos como SciELO, Redalyc y repositorios institucionales colombianos (período 2010-2025), solo 5 corresponden a investigaciones nacionales, la mayoría datados entre 2017 y 2023, lo que evidencia una producción limitada en comparación con los estudios internacionales (30 en total) y una escasez notable en los últimos cinco años (solo 2 publicados desde 2020). Esta brecha resalta la necesidad de mayor

investigación local en didáctica de la química, particularmente en temas abstractos como el enlace químico, donde los enfoques tradicionales predominan y limitan la innovación pedagógica adaptada a contextos rurales y educativos colombianos.

Sin embargo, los antecedentes nacionales seleccionados a continuación ofrecen una referencia valiosa, ya que proporcionan perspectivas contextuales sobre modelos didácticos y el uso de TIC en entornos similares al de la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac, aunque su antigüedad sugiere la urgencia de actualizarlos con perspectivas más actuales y tecnológicamente integradas para fortalecer la relevancia en la tesis.

Para comenzar el desarrollo de estos antecedentes mencionaremos la investigación de Alarcón (2017), en donde se diseñó un modelo didáctico analógico para de esta manera enseñar el enlace químico, identificando las formas de significar de estudiantes de educación media, esto se llevó a cabo mediante una investigación cualitativa con enfoque interpretativo, en donde se incluyeron entrevistas semiestructuradas y análisis de contenido para así explorar sus concepciones sobre el tema.

Se identificaron las diversas formas de significar el enlace químico que existen entre los estudiantes, las cuales están influenciadas por sus experiencias previas y contextos socioculturales (Alarcón, 2017, p. 97). El modelo didáctico analógico que se propuso facilitó la comprensión del concepto al conectar el conocimiento científico con las experiencias cotidianas (Alarcón, 2017, p. 25). Y, se concluyó que el utilizar modelos didácticos analógicos, que consideran las concepciones previas y los contextos de los estudiantes, puede llegar a mejorar significativamente la comprensión del concepto de enlace químico en la educación media (Alarcón, 2017, p. 97).

Por tal motivo, este estudio constituye un aporte de gran significancia porque enriquece el marco teórico de la tesis ya que propone un modelo didáctico analógico centrado en cómo los estudiantes construyen sentido sobre el enlace químico. Desde un punto de vista sociointeraccionista, destaca el valor del lenguaje, de la historia y del modelaje en el aula. El enfoque sociointeraccionista de Alarcón (2017) respalda la importancia que tiene la integración de concepciones previas de los estudiantes en el modelo didáctico propuesto en esta investigación. Aunque no se incorporan las TIC, su enfoque experiencial y metacognitivo proporciona fundamentos que son claves para poder

diseñar estrategias pedagógicas contextualizadas, activas y que tengan un verdadero sentido científico.

Morales (2018) desarrolló su tesis sobre la enseñanza y el aprendizaje del enlace químico en los estudiantes de octavo grado. Este estudio tuvo como objetivo diseñar e implementar una unidad didáctica destinada a mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje del concepto de enlace químico en los estudiantes de octavo grado de la Institución Educativa Fe y Alegría La Paz, en la ciudad de Manizales. La investigación fue desarrollada bajo un enfoque metodológico de carácter mixto. En la primera etapa, se aplicó un cuestionario diagnóstico con el propósito de explorar las ideas previas del estudiantado, lo que permitió identificar las fortalezas y las dificultades en la comprensión del tema. A partir de estos resultados, se diseñó una unidad didáctica que integró el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), incluyendo los simuladores, los laboratorios virtuales y las actividades lúdicas como estrategias para potenciar el aprendizaje.

La propuesta fue aplicada en el aula, con el fin de no solo mejorar la comprensión conceptual, sino también fortalecer la motivación de los estudiantes hacia el estudio de la química. Al finalizar la intervención, se volvió a aplicar el cuestionario inicial como instrumento de evaluación final, con el propósito de poder medir los avances en el aprendizaje. El análisis comparativo de los resultados llegó a evidenciar una mejora significativa en el rendimiento académico y una mayor participación activa y motivación por parte del estudiantado. Esta experiencia logró demostrar que el uso de recursos digitales y estrategias interactivas consigue favorecer el aprendizaje significativo del concepto de enlace químico, contribuyendo a transformar las prácticas educativas en el aula.

Al presentar el diseño y la implementación de una unidad didáctica la cual está basada en el uso de las TIC, los simuladores interactivos (PhET), las actividades lúdicas y las prácticas experimentales para enseñar el concepto de enlace químico, se logra realizar un aporte de gran relevancia al enfoque metodológico y al componente disciplinar de esta tesis doctoral porque consigue dar sustento al valor del uso de las herramientas digitales en el aula.

Serna (2020) en su tesis llevó a cabo un estudio sobre la enseñanza y el aprendizaje del enlace químico en estudiantes de básica secundaria rural, sosteniendo que este concepto constituye un eje clave para la comprensión general de la química. Con el objetivo de mejorar su enseñanza, diseñó y aplicó una secuencia didáctica dirigida a estudiantes de grado décimo de la Institución Educativa El Paraíso, ubicada en el municipio de Algeciras, Huila (Colombia). La intervención se desarrolló bajo un enfoque metodológico mixto, comenzando con una fase de diagnóstico inicial destinada a identificar las percepciones y los obstáculos epistemológicos presentes en el estudiantado; esta etapa permitió caracterizar las dificultades conceptuales asociadas al tema, lo que a su vez orientó el diseño de la propuesta pedagógica.

A partir de allí, y con base en el pensamiento de Galagovsky, se estructuraron las distintas etapas de la estrategia didáctica, considerando las características del contexto educativo y priorizando el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) como recurso mediador del aprendizaje; la secuencia incorporó actividades interactivas que favorecieron la exploración, la explicación y la apropiación progresiva del concepto de enlace químico.

Tras la aplicación de la estrategia, se procedió a una evaluación final para comparar los resultados de aprendizaje antes y después de la intervención, revelando hallazgos que indicaron una mejora significativa en el desempeño académico, con una mayor comprensión del contenido y un cambio positivo en la actitud del estudiantado; en particular, se observó un aumento en la motivación por aprender química, superando la apatía y el temor inicial hacia la asignatura. De esta manera, el uso de una secuencia didáctica mediada por TIC, contextualizada y centrada en la superación de obstáculos epistemológicos, demostró ser eficaz para potenciar la comprensión de conceptos abstractos como el enlace químico y para fomentar una actitud más positiva hacia el estudio de la química.

Esta investigación aporta un respaldo directo a la enseñanza del enlace químico mediante el uso de las TIC, validando la efectividad del modelo activo experiencial propuesto en esta tesis doctoral. Al compartir un enfoque en la integración de recursos tecnológicos para superar barreras conceptuales en contextos rurales colombianos, el énfasis de Serna (2020) en la superación de obstáculos epistemológicos a través de

secuencias didácticas interactivas refuerza la pertinencia de combinar diagnósticos iniciales con actividades prácticas y digitales, como simulaciones y laboratorios virtuales, para fomentar la comprensión conceptual, motivación y actitud positiva en estudiantes de noveno grado de la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac, contribuyendo así a una transformación pedagógica alineada con entornos de recursos limitados pero alto potencial innovador.

González (2021) por su parte, llevó a cabo una tesis de investigación sobre la enseñanza del enlace químico mediante simuladores. El autor destacó que la persistencia de métodos tradicionales en la enseñanza de la química, y en particular del tema de enlaces químicos, ha demostrado afectar negativamente el rendimiento académico estudiantil, la evaluación de la labor docente e incluso los indicadores de acreditación institucional. Ante esta problemática, se planteó la incorporación de herramientas tecnológicas, especialmente simuladores interactivos, como estrategia pedagógica innovadora para la mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Este estudio se desarrolló en la Institución Educativa de Rionegro (Santander), dirigido a estudiantes de grado décimo de educación media. La investigación adoptó un enfoque metodológico mixto, enmarcado en un diseño de investigación acción, que abarcó tres etapas: diagnóstico, intervención y evaluación de los procesos académicos en el área de química. Las técnicas de recolección de datos incluyeron pretest, postest, entrevistas a docentes, regresión lineal, análisis de evidencias, revisión bibliográfica y observación directa.

La población total considerada estuvo conformada por 500 estudiantes del sector rural, de los cuales se seleccionó una muestra específica de 29 estudiantes del grado 10-2 (16 mujeres y 13 varones, con edades entre 14 y 18 años). Además, participaron 6 docentes (2 mujeres y 4 hombres), provenientes de distintas áreas disciplinares: biología, física, informática, matemáticas, educación religiosa y lengua española.

Los resultados mostraron impactos positivos tanto en el plano cognitivo como en las prácticas pedagógicas, reflejando una mejora significativa en la comprensión de los contenidos y una participación más activa, colaborativa y responsable por parte de estudiantes y docentes. El uso de simuladores como recurso didáctico permitió generar nuevas experiencias educativas, consolidando el aprendizaje mediante un modelo más

dinámico y contextualizado. La investigación evidenció que la enseñanza de la química, y en particular de los enlaces químicos, se ve fortalecida mediante procesos didácticos apoyados en TIC, los cuales favorecen la asimilación del conocimiento y enriquecen la experiencia educativa en el aula.

El aporte de este estudio a la tesis radica en respaldar el uso de TIC en la enseñanza de la química y en el diseño de estrategias activas y experienciales sustentando los componentes metodológicos y tecnológicos del modelo propuesto.

A su vez, Medina (2023) diseñó e implementó, en su tesis, una unidad didáctica para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje del concepto de enlace químico en estudiantes de grado noveno. Adoptó un enfoque cualitativo interpretativo, utilizando entrevistas semiestructuradas y análisis de contenido para identificar las concepciones previas y formas de significar el tema, influenciadas por experiencias cotidianas y contextos socioculturales. Los resultados mostraron que conectar el conocimiento científico con vivencias personales facilita una comprensión significativa, superando limitaciones de enfoques tradicionales.

Aunque el estudio de Medina (2023) no integra las TIC de manera directa, su énfasis en estrategias didácticas diferenciadas, basadas en las inteligencias múltiples y un enfoque sistémico, refuerza la propuesta de esta tesis doctoral al justificar la necesidad de modelos activos y experienciales adaptados a realidades diversas. En particular, este antecedente valida la importancia de personalizar las intervenciones pedagógicas en entornos rurales como el de la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac, donde se prioriza la integración de concepciones previas para potenciar el aprendizaje significativo, la motivación estudiantil y la conexión entre teoría química y aplicaciones prácticas cotidianas, alineándose con el objetivo de transformar procesos educativos mediante recursos innovadores.

En su tesis, Rojas (2024) llevó a cabo un estudio relacionado con esta investigación, destacando que la química, como disciplina experimental, requiere actividades prácticas que complementen la enseñanza teórica, aunque muchas instituciones educativas en contextos vulnerables carecen de recursos para laboratorios presenciales. Ante esta limitación, los laboratorios virtuales de química (LVQ) emergen como alternativa accesible, respaldada por evidencia de que las TIC y los LVQ mejoran la comprensión

conceptual, motivan a los estudiantes, reducen la ansiedad y elevan el rendimiento académico (Rojas, 2024, p. 21).

Para profundizar en esta herramienta, la autora abordó estrategias didácticas en Ciencias Naturales y Química, lineamientos curriculares, funcionamiento de los LVQ y desafíos en su integración tecnológica. El objetivo fue elaborar un estado del arte sobre el uso de LVQ, revisando estrategias pedagógicas, recursos tecnológicos y obstáculos mediante el análisis de 50 artículos científicos con una técnica de observación sistemática no participante y análisis de contenido descriptivo. Los resultados revelaron que las estrategias más usadas son el aprendizaje basado en tecnología (32%), basado en juegos (25%) y activo (21%), con predominio de recursos como computadores (62%) y teléfonos inteligentes (14%), aunque persisten barreras como la falta de infraestructura y formación docente en TIC (18,2% de los estudios) (Rojas, 2024, p. 62).

Estos hallazgos de la investigación de Rojas (2024), subrayan que el éxito de los LVQ depende de la preparación docente, disponibilidad tecnológica y adecuación pedagógica, lo cual respalda directamente el modelo didáctico activo experiencial propuesto en esta tesis doctoral al validar la integración de las TIC como simuladores y laboratorios virtuales para superar limitaciones en contextos rurales colombianos, fomentando aprendizajes significativos y contextualizados en el enlace químico para estudiantes de noveno grado en la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac.

2.1.2.2 Investigaciones Internacionales.

En el artículo científico de Tsapalis et al. (2020) se llevó a cabo una investigación en la que se hizo revisión de los estudios previos sobre los conceptos erróneos y las dificultades conceptuales de los estudiantes con el tema del enlace químico y probaron el conocimiento de los estudiantes griegos de décimo grado sobre ciertos aspectos clave del enlace. Los autores presentaron un texto didáctico enriquecido sobre este tema para décimo grado y examinaron su eficacia en relación con los mismos aspectos del vínculo. Los estudiantes, en general, mostraron conocimientos deficientes y tenían varias ideas erróneas. Algunos de ellos recibieron y utilizaron el libro de texto estándar de química griega (grupo de control), y a otros (grupo de tratamiento), se les proporcionó un texto

didáctico modificado/enriquecido. Se pudo corroborar que el tema del enlace químico se enseña tanto en la educación secundaria superior (principalmente) como en la educación superior, por lo que existe una superposición de conceptos, herramientas didácticas y enfoques (una comunidad de problemas) entre la educación secundaria y el primer año de licenciatura.

Dado que la comprensión del enlace químico es un proceso continuo de complejidad creciente que se extiende a lo largo de la educación secundaria y superior, los autores consideraron que es importante que el profesorado de secundaria sea consciente de lo que podría necesitarse posteriormente cuando los estudiantes pasen a la educación superior. En este sentido, los hallazgos de Tsaparlis et al. (2020) sobre las dificultades conceptuales en el enlace químico respaldan la necesidad de un currículo en espiral que abarque los tres grados de secundaria superior, alineado con el modelo didáctico propuesto en esta investigación para abordar conceptos complejos de manera progresiva. Este artículo contribuye significativamente al enfoque teórico y didáctico de la tesis al analizar propuestas pedagógicas basadas en investigaciones previas sobre las dificultades conceptuales que enfrentan los estudiantes en torno al enlace químico. Además, refuerza la importancia de estrategias didácticas centradas en la comprensión de las interacciones electrostáticas, en lugar del uso mecánico de la regla del octeto, y respalda la necesidad de enfoques activos y contextualizados en la enseñanza del enlace químico, alineándose así con los principios del modelo activo experiencial propuesto en la tesis.

Penn y Ramnarain (2019) por su parte, sostienen en su estudio que la experimentación en el laboratorio ha sido ampliamente reconocida como una estrategia pedagógica efectiva para facilitar la comprensión de conceptos científicos abstractos en el ámbito escolar. Numerosos estudios han demostrado que estas actividades favorecen tanto la comprensión conceptual como procedimental de los estudiantes, particularmente en lo que respecta a los micro fenómenos químicos, lo que se traduce en mejoras en su rendimiento académico en pruebas de química.

En un contexto educativo caracterizado por una distribución desigual de los recursos destinados a la enseñanza de las ciencias en laboratorios físicos, se llevó a cabo un estudio cuasi-experimental para evaluar la efectividad de los laboratorios virtuales como

alternativa o complemento a los laboratorios tradicionales. La investigación se centró en un grupo de 50 estudiantes de tercer año de formación docente en ciencias, quienes fueron divididos en dos grupos: uno recibió una intervención didáctica con laboratorios físicos (grupo de control), mientras que el otro utilizó un laboratorio virtual (grupo experimental). Ambos grupos abordaron el aprendizaje de cuatro conceptos clave de química.

Para medir el impacto de cada tipo de intervención, se aplicó la misma prueba de química antes y después de la experiencia de aprendizaje. Los resultados, analizados mediante pruebas t para muestras pareadas, mostraron mejoras significativas en el rendimiento de ambos grupos. No obstante, el análisis comparativo de las puntuaciones post-test, a través de pruebas t para muestras independientes, reveló que el grupo experimental obtuvo una media significativamente mayor “(M = 79.36, DE = 8.306) en comparación con el grupo de control (M = 68.72, DE = 9.076), con un valor $t(48) = 4.32$ y una $p < .01$ ” (Penn y Ramnarain, 2019. p.80.).

Estos hallazgos indican que las experiencias de laboratorio, tanto tradicionales como virtuales, tienen un efecto positivo en el logro de aprendizajes en química, aunque las intervenciones basadas en laboratorios virtuales mostraron un impacto aún más significativo. En consecuencia, los investigadores concluyeron que los laboratorios virtuales representan un recurso valioso, especialmente útil para la enseñanza de conceptos abstractos y complejos en química, y recomiendan su incorporación como complemento didáctico en contextos con limitaciones de infraestructura. Finalmente, el estudio también planteó consideraciones sobre las implicaciones prácticas de estos resultados y sugiere líneas futuras de investigación orientadas a fortalecer el uso pedagógico de entornos virtuales en la enseñanza de las ciencias.

Así pues, este artículo ofrece un respaldo valioso al uso de TIC en la enseñanza de las ciencias, especialmente en química porque destaca cómo refuerza el carácter vivencial y activo que se busca en el modelo didáctico propuesto en esta tesis. En ese sentido, el aporte no solo es técnico o teórico, sino profundamente contextual y pertinente para los desafíos reales que se abordan en esta tesis.

Por su parte, en el artículo de Chan et al. (2021) se llevó a cabo una investigación relacionada con este marco, específicamente sobre la efectividad del uso de laboratorios

de química. Los resultados de este estudio mostraron que los laboratorios virtuales pueden ser más efectivos que los métodos de enseñanza pasivos (clases magistrales, texto y video), pero muestran una efectividad igual o mayor en comparación con el laboratorio práctico.

Los autores explicaron que se obtienen mejores resultados cuando se combinan laboratorios virtuales y métodos tradicionales. La mayoría de los estudios incluidos utilizan tecnología de escritorio 3D, mientras que la tecnología de realidad virtual inmersiva es tendencia en los últimos años. Esta revisión también identificó elementos de diseño instruccional utilizados en el contexto de los laboratorios químicos virtuales, por ejemplo, el aprendizaje basado en la indagación, la modalidad y el andamiaje instruccional.

Desde su perspectiva, los laboratorios virtuales pueden utilizarse como una herramienta complementaria eficaz o una alternativa moderada al laboratorio práctico real, pero las investigaciones futuras deberían poner más énfasis en investigar los resultados del aprendizaje basado en habilidades utilizando tecnologías de realidad virtual inmersiva y de interfaz de usuario nula, y en considerar el diseño instruccional en laboratorios químicos virtuales.

El énfasis de Chan et al. (2021) en el aprendizaje por indagación refuerza la propuesta de esta tesis al mostrar, con claridad y profundidad, cómo las TIC, especialmente los laboratorios virtuales, pueden enriquecer la enseñanza de las ciencias. Destaca por su defensa de metodologías activas como el aprendizaje por indagación y el aprender haciendo, y subraya la importancia de un diseño instruccional bien fundamentado. En conjunto, ofrece ideas potentes y aplicables para fortalecer el modelo didáctico propuesto.

Fernández et al. (2021) por otra parte, en su artículo destacaron que, en la formación de Ingeniería Química, por ejemplo, las prácticas de laboratorio representan un componente fundamental que exige de los estudiantes conocimientos previos sólidos y habilidades específicas. No obstante, las técnicas operatorias suelen constituir un obstáculo en el proceso de adquisición de conocimientos. Frente a este desafío, y en el marco de la implementación de la estrategia curricular de TIC, este estudio propuso la clase invertida

como una alternativa pedagógica eficaz para el desarrollo de los laboratorios en las asignaturas de Química Orgánica y Biológica.

La propuesta se fundamentó en el modelo teórico de la clase invertida, que ubica al estudiante como protagonista de su propio aprendizaje antes, durante y después de la experiencia experimental. Esta metodología promueve un aprendizaje más profundo y significativo en comparación con los métodos tradicionales, al fomentar la autonomía, la responsabilidad y la interacción activa con los contenidos. A modo de ejemplo, se describió la aplicación de esta estrategia en una actividad experimental sobre identificación de enlaces múltiples, realizada en un laboratorio del "Curso por Encuentros". Se detallaron las actividades asignadas a los estudiantes en cada etapa del proceso, desde la preparación previa hasta la evaluación final, evidenciando los beneficios de esta metodología.

Entre las principales ventajas identificadas se encuentra la integración de TIC en la enseñanza práctica, lo que permite articular la asignatura con una estrategia curricular más amplia. Asimismo, se destacó la incorporación de los niveles cognitivos de la Taxonomía de Bloom adaptados a la era digital. Este enfoque abarca desde la preparación inicial mediante el visionado de un video con una guía de trabajo, hasta el aprendizaje activo en contextos reales, culminando con la enseñanza a otros mediante la creación y edición de un video explicativo grabado con el celular, reforzando así la comprensión y la creatividad. La clase invertida pues, se presenta como una herramienta pedagógica efectiva para el desarrollo de prácticas de laboratorio, al promover un aprendizaje autónomo, colaborativo y adaptado a las demandas educativas contemporáneas.

Este artículo enriquece la tesis al mostrar cómo las TIC pueden integrarse de forma efectiva en la enseñanza de las ciencias, desde una perspectiva activa y vivencial. Aunque centrado en el contexto universitario, el modelo de clase invertida de Fernández et al. (2021) es adaptable a la educación secundaria, especialmente para promover el aprendizaje autónomo del enlace químico mediante la preparación previa con recursos digitales y la experimentación práctica en el aula, ajustando la complejidad de las actividades a las necesidades de estudiantes de noveno grado. Sus hallazgos sobre

comprensión y motivación refuerzan con fuerza los pilares del modelo didáctico planteado.

Marcano (2021) llevó a cabo un artículo científico que tuvo como propósito evaluar la efectividad del uso de modelos moleculares tridimensionales en el proceso de enseñanza y aprendizaje del contenido “Enlace Químico y sus Propiedades” (EQP), específicamente los enlaces iónico y covalente. El estudio se desarrolló bajo un paradigma positivista, con un enfoque cuantitativo, diseño de campo y de tipo cuasiexperimental. Se aplicaron instrumentos como pruebas de desempeño, encuestas y reflexiones estudiantiles. La muestra estuvo compuesta por 317 estudiantes de primero de enseñanza media, durante los años 2017, 2018 y 2019.

Los resultados comparativos revelan una mejora significativa en el rendimiento estudiantil con la implementación de modelos tridimensionales. Con la metodología tradicional, el porcentaje de logro fue del 48%, mientras que el 62% obtuvo calificaciones insuficientes. En contraste, con la utilización de modelos moleculares, el logro académico alcanzó el 85% y 84% respectivamente, y los estudiantes con bajo rendimiento se redujeron al 10%. La aceptación estudiantil de la estrategia fue también alta, con una aprobación del 90,25% (Marcano, 2021. p.1).

Antes de la intervención, los estudiantes presentaban conceptos erróneos respecto a los enlaces químicos. Mostraban dificultades para comprender cómo se unen los átomos para formar moléculas; distinguir entre enlaces simples, dobles y triples; determinar correctamente el átomo central de una molécula; representar moléculas completas, sin omitir átomos ni asignar cargas inapropiadas. Estas debilidades limitaban su comprensión del comportamiento molecular, tanto a nivel físico como químico.

La implementación de la metodología basada en modelos generó una activa participación estudiantil. De hecho, el 94% manifestó iniciativa, interés y motivación, mientras que el 96% participó de forma espontánea y colaborativa, compartiendo ideas con sus compañeros. Asimismo, el 88% consolidó los aprendizajes clave del contenido abordado. Esto evidencia que el uso de modelos favorece no solo el rendimiento, sino también el compromiso y la interacción en el aula. La estrategia fomenta la comprensión del comportamiento atómico, promueve el uso de modelos mentales y físicos y

desarrolla el pensamiento científico, aspectos fundamentales para una enseñanza de la química significativa.

Este estudio resulta especialmente valioso para la tesis, ya que respalda con evidencia concreta el fundamento teórico del modelo didáctico y pone en práctica estrategias activas a través del uso de modelos moleculares tridimensionales. Su contribución a la enseñanza del enlace químico es clara, mostrando mejoras reales en la comprensión y motivación del estudiantado. Aunque no incorpora TIC, deja abierta una vía sólida para integrarlas de forma coherente en propuestas futuras.

Por otra parte, Vizcarra y Vizcarra (2021) propusieron un laboratorio portátil como estrategia para enseñar química en contextos rurales con recursos limitados, donde los métodos tradicionales suelen ser teóricos y memorísticos, lo que genera desafíos pedagógicos. Mediante un diseño cuasi-experimental con grupos experimental y de control, aplicaron pruebas pre y post para evaluar su impacto en estudiantes de educación básica en los Andes centrales del Perú. Los resultados revelaron una mejora significativa en el rendimiento académico del grupo experimental ($t_c = -5.805$; $p < 0.001$), junto con avances en motivación, interés por la química, trabajo colaborativo, tolerancia y autoestima, alineados con el currículo del MINEDU. Estos hallazgos refuerzan el valor de enfoques prácticos para construir conceptos científicos y conectar el conocimiento con la realidad cotidiana.

Sin embargo, la investigación también identificó limitaciones, como dificultades en la argumentación y expresión lógica de resultados, vinculadas a un dominio limitado del lenguaje científico y a la adaptación al trabajo grupal, además de factores externos como inasistencia, trastornos de atención y problemas nutricionales que afectaron a ambos grupos. En síntesis, el laboratorio portátil se posiciona como una alternativa eficaz para fomentar aprendizajes significativos en química, desarrollando habilidades cognitivas, actitudinales y afectivas, con potencial replicable en otros contextos educativos siempre que se adapte creativamente a las necesidades locales.

El aporte de Vizcarra y Vizcarra (2021) a la tesis actual radica en que evidencia la viabilidad de estrategias activas y prácticas para enseñar el enlace químico incluso sin TIC, especialmente en entornos con recursos limitados. Al demostrar que lo experimental y contextualizado puede transformar el aprendizaje, proporciona una base

empírica sólida para sustentar el modelo didáctico propuesto, integrando elementos prácticos como complemento a las herramientas tecnológicas.

En este orden, Hunter et al. (2022), en su artículo revisaron la literatura de 2006 a 2020, centrada en la enseñanza y el aprendizaje del enlace químico. Los estudios incluidos en esta revisión involucraron a estudiantes de secundaria y postsecundaria, así como a docentes de K-12 y universitarios. Los autores sintetizaron los hallazgos de estos estudios para ofrecer implicaciones para futuras investigaciones y docencia. Con este fin, su análisis resumió la gama de opciones metodológicas empleadas e informó sobre la comprensión del enlace químico por parte de los estudiantes.

Los hallazgos de la revisión mostraron que los estudios tendieron a sobreenfatizar la catalogación de concepciones alternativas en el contexto de la química general de primer año. Esto sugiere la necesidad de más trabajos que enfatizen el razonamiento de los estudiantes respecto a modelos avanzados de enlace en los niveles superiores del currículo de química de pregrado.

Otros resultados relevantes sostienen que el conocimiento del instructor sobre cómo contextualizar una asignatura dentro del currículo general incluye el conocimiento de los objetivos y principios rectores de un currículo, así como el conocimiento de cómo se relacionan los temas entre sí dentro del currículo. Mientras que, el conocimiento del instructor sobre cómo evaluar eficazmente el aprendizaje de los estudiantes incluye el conocimiento relacionado con el diseño de evaluaciones formativas y sumativas en un curso, y las maneras de evaluar eficazmente las ideas específicas de los estudiantes sobre un tema.

La revisión de Hunter et al. (2022) representa un apoyo clave para la tesis en desarrollo, ya que enriquece el sustento teórico del modelo didáctico al identificar con claridad, partiendo de la revisión de 48 documentos, los principales obstáculos conceptuales en la enseñanza del enlace químico. Más allá del diagnóstico, ofrece pistas concretas sobre cómo enfrentarlos desde la práctica. También respalda el valor de las estrategias activas y el uso de TIC, y pone en primer plano un enfoque centrado en el estudiante y en el desarrollo del saber docente.

van Dulmen et al. (2023) en su artículo destacaron que el enlace químico es un tema importante y difícil de enseñar adecuadamente, especialmente para principiantes. Este

estudio se propuso apoyar a los futuros docentes mediante el desarrollo de un marco para comprender y abordar la complejidad de la enseñanza del enlace químico. Se adoptó como perspectiva teórica un modelo de conocimiento pedagógico del contenido (CCP) en la enseñanza de las ciencias, ampliamente respaldado por expertos en el campo.

En primer lugar, se realizó una revisión sistemática de la literatura para articular lo que estudios empíricos recientes pueden decir sobre el conocimiento que los docentes requieren para enseñar el enlace químico. El corpus de la revisión consistió en 59 artículos publicados en los últimos 20 años relacionados con cuatro componentes del CCP: conocimiento de cómo se integra el enlace químico en los currículos, conocimiento de la comprensión del estudiante en relación con este tema, conocimiento de las estrategias y representaciones didácticas para la enseñanza del enlace químico, y conocimiento relacionado con la evaluación de la comprensión del enlace químico (van Dulmen et al., 2023, p. 900). Esto dio como resultado el CCP colectivo actual para la enseñanza del enlace químico en la formación del profesorado de química.

En el desarrollo del estudio, se pidió a nueve formadores de docentes de química que describieran su propio conocimiento personal sobre la enseñanza del enlace químico mediante representaciones de contenido (van Dulmen et al., 2023, p. 900). El análisis de estas representaciones reveló diferencias entre varios aspectos del conocimiento de la comunicación colectiva (CCP) derivado de la literatura y el CCP personal articulado por la muestra de formadores de docentes de química holandeses (van Dulmen et al., 2023, p. 905).

Finalmente, los hallazgos de la literatura y las representaciones de contenido de los formadores se sintetizaron en un marco para formadores de docentes de química. Se discutieron los usos del marco y se ofrecieron ejemplos de aplicaciones para el diseño de actividades en el aula (van Dulmen et al., 2023, p. 906). Finalmente, se abordaron las implicaciones de los hallazgos y las sugerencias para futuras investigaciones (van Dulmen et al., 2023, pp. 906-907).

El aporte de este estudio a la tesis es fortalecer el fundamento teórico del modelo didáctico desde la perspectiva del conocimiento pedagógico del contenido (PCK), enfocado en la enseñanza del enlace químico. Ofrece estrategias activas como el

aprendizaje cooperativo y el modelado gestual, y proporciona propuestas didácticas validadas para superar obstáculos conceptuales. Aunque las TIC no son centrales, se reconocen recursos digitales útiles para apoyar la comprensión de lo micro y lo macroscópico en química.

Welma (2023) por su parte, en su artículo desarrollado, se centró en la incorporación de tecnologías emergentes en la enseñanza de la química, analizando su impacto en el proceso de enseñanza-aprendizaje. La autora señaló el valor de las herramientas digitales para transformar la educación científica, incluyendo el uso de simulaciones y laboratorios virtuales como medios eficaces para facilitar la comprensión de conceptos complejos.

Asimismo, profundizó en el papel de la mediación tecnopedagógica, explorando su influencia en la formación de subjetividades y en la configuración de nuevas formas de aprendizaje. Además, abordó específicamente el uso de tecnologías como la Realidad Aumentada (RA) y la Realidad Virtual (RV) en contextos educativos, demostrando su utilidad para dinamizar la enseñanza y facilitar la asimilación de contenidos científicos. Los estudios analizados por la autora se enfocaron en la implementación de laboratorios virtuales, la evaluación de su efectividad y el análisis de percepciones sobre las herramientas digitales empleadas.

Entre los principales hallazgos se destacó una mejora en la comprensión de conceptos científicos, una reducción de los riesgos asociados a las prácticas experimentales tradicionales y una expansión de las posibilidades para la educación a distancia. No obstante, se identificó también la necesidad de fortalecer la formación docente en el uso de estas tecnologías, para maximizar su potencial pedagógico.

En otras palabras, se evidencia un crecimiento significativo en la exploración y aplicación de tecnologías emergentes en la educación química. Estas herramientas no solo tienen un impacto positivo en el rendimiento académico, sino que también promueven el desarrollo de habilidades cognitivas, fomentan el aprendizaje cooperativo y ofrecen nuevas formas de acceder al conocimiento científico.

El estudio de Welma (2023) enriquece esta tesis al proporcionar un marco teórico y práctico para la integración de tecnologías emergentes en la educación secundaria, donde conceptos como el enlace químico resultan particularmente desafiantes por su

abstracción. Su énfasis en herramientas como la realidad aumentada y virtual respalda el modelo didáctico propuesto, al demostrar cómo estas TIC facilitan la experimentación interactiva y la conexión con la vida cotidiana en aulas con limitaciones de infraestructura, promoviendo así un aprendizaje significativo y motivador en estudiantes de noveno grado, mientras resalta la necesidad de capacitar a los docentes para su óptima aplicación en contextos educativos colombianos.

Por su parte, Rahman et al. (2024), realizaron un artículo acerca del aprendizaje basado en juegos en el metaverso, específicamente sobre el aula virtual de química para la formación en enlace químico a distancia. De acuerdo con los autores, las aulas virtuales basadas en el metaverso o la realidad virtual son útiles y eficaces para impartir conceptos básicos de química. Los entornos interactivos e inmersivos pueden enseñar eficazmente conceptos fundamentales de química, como el enlace químico y las fórmulas, haciendo así que estas ideas, de otro modo abstractas e intangibles, sean más accesibles y comprensibles (Rahman et al., 2024, p. 19595).

Con la pandemia de la COVID-19, también se han desarrollado plataformas de aprendizaje electrónico para la enseñanza de la química. Sin embargo, estas plataformas no consiguen que el aprendizaje de la química sea interactivo y ameno. Por lo tanto, es necesario motivar a los estudiantes para que aprendan conceptos básicos de química en un entorno inmersivo e interactivo. En este estudio se propuso un Aula Virtual de Química para el Enlace Químico (VC3B) inmersiva basada en la realidad virtual para facilitar el aprendizaje del enlace químico y las fórmulas mediante un enfoque lúdico en donde se incluyeron dos juegos diferentes para aprender el enlace químico y las fórmulas (Rahman et al., 2024, p. 19595).

En el primer juego, "Construcción de moléculas", los estudiantes reconstruyeron la estructura de las moléculas reorganizando los átomos para aprender sobre el enlace químico. En el segundo juego, "Fórmula química", los estudiantes compusieron la fórmula química de un compuesto dado para memorizarlas. El estudio, realizado con 90 estudiantes de secundaria, empleó un diseño de estudio controlado aleatorio, dividiendo a los participantes en tres grupos (Rahman et al., 2024, p. 19595).

Cada grupo aprendió sobre enlaces químicos y fórmulas a través de tres medios diferentes. Tras el experimento, se les entregó un cuestionario a los estudiantes para

evaluar la usabilidad de VC3B. Los resultados del estudio fueron positivos: los participantes consideraron que VC3B era más interactivo que los métodos tradicionales de lectura en línea y libros. Además, se les motivó a aprender y ampliar sus conocimientos de química.

El enfoque lúdico de Rahman et al. (2024), aporta de forma directa a la tesis al respaldar el uso de TIC, particularmente la realidad virtual inmersiva, en la enseñanza del enlace químico. Refuerza el enfoque activo y experiencial del modelo didáctico al incorporar estrategias lúdicas como la manipulación virtual de moléculas, y demuestra mejoras en la comprensión y motivación estudiantil. Además, se apoya en marcos teóricos como el TPACK y el constructivismo, fortaleciendo la base conceptual del modelo propuesto.

2.2 Marco Teórico

El importante tema del enlace químico se presenta desde el principio en la mayoría de los planes de estudio de química y se repite en muchas otras áreas temáticas de la química. Sin embargo, muchos estudiantes de secundaria en todo el mundo tienen dificultades para comprenderlo bien. Enseñar el enlace químico es difícil porque los enfoques singulares y simplistas dan lugar a conceptos erróneos (Nahum et al., 2007, p. 579). Por lo tanto, el enlace debe abordarse con frecuencia, en diferentes contextos y con herramientas pedagógicas que varían según la situación (van Dulmen et al., 2023, p. 896).

Esto supone un reto particular para los docentes, quienes aún pueden estar aprendiendo sobre el contenido y han tenido pocas oportunidades de desarrollar un repertorio pedagógico contextualizado. En este orden de ideas, el marco teórico de la presente investigación se fundamenta en teorías de aprendizaje significativo que, al abordar las dificultades en la enseñanza del enlace químico, sustentan el diseño del modelo didáctico activo experiencial basado en TIC propuesto en esta tesis, permitiendo una integración más efectiva de conceptos abstractos con experiencias prácticas y tecnológicas.

2.2.1 Teorías y Modelos de Enseñanza-Aprendizaje

2.2.1.1 Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel.

La teoría del aprendizaje significativo propone que el aprendizaje ocurre mediante la interacción entre los conocimientos previos del estudiante y la nueva información, haciendo que el conocimiento existente actúe como ancla para asimilar conceptos de manera no arbitraria ni memorística (Özmen, 2008). En el marco de esta tesis, esta teoría se aplica de forma estratégica al diagnosticar ideas previas sobre enlaces iónicos, covalentes y metálicos, y al diseñar un modelo didáctico que integra las TIC, como simuladores interactivos, y experiencias prácticas, facilitando así la reorganización conceptual y promoviendo un aprendizaje profundo y contextualizado que trasciende la mera asimilación teórica.

Los recursos cognitivos existentes de los estudiantes determinan la naturaleza y el nivel de integración de nuevos conocimientos. Si los estudiantes aprenden los nuevos conocimientos de forma significativa, en lugar de memorizarlos, pueden construir eficazmente sus estructuras de conocimiento. La enseñanza constructivista apoya el aprendizaje significativo y destaca la importancia de los conocimientos previos de los estudiantes y su papel en el nuevo aprendizaje. Cuando los estudiantes poseen conocimientos previos adecuados y aprenden los conceptos de forma significativa, pueden lograr la integración conceptual (IC) entre las diferentes áreas temáticas de la ciencia (diSessa, 1993).

La integración conceptual se define como la capacidad de los estudiantes para aplicar conocimientos o conceptos prerequisites de una disciplina científica al aprender temas de otra área afín (Taber, 2003; Toomey y Garafalo, 2003). En esencia, evalúa en qué grado los alumnos pueden incorporar principios como la ley de Coulomb, proveniente de la física, para comprender fenómenos como los enlaces químicos en clases de química. De igual modo, Taber (2005) describe la IC como las estructuras cognitivas organizadas que una persona construye para vincular dominios de conocimiento diversos. Por ejemplo, al enseñar temas avanzados de química, los docentes deberían integrar conceptos fundamentales de la misma disciplina en niveles básicos, junto con saberes

previos de física o biología, fomentando así un aprendizaje significativo en los estudiantes (Taber, 2008a). Esta noción de integración conceptual, propuesta por Taber (2003), sustenta el modelo didáctico activo experiencial de esta investigación, al promover la conexión entre conceptos de física y química para lograr una comprensión más profunda y contextualizada del enlace químico en estudiantes de noveno grado. La química y la física son dos dominios estrechamente vinculados en muchos temas, como la energía de ionización, la masa, la fuerza, la energía, los modelos atómicos, el equilibrio y el enlace químico. Además, algunos temas pueden aparecer tanto en cursos de química general como de física. Estos temas pueden ser medición, conversión de unidades, propiedades fundamentales de la materia, presión, colisiones moleculares, diversos tipos de enlace, comportamiento de partículas cargadas en campos eléctricos y magnéticos, estados de la materia, tipos de energía, conservación de la energía, diversos conceptos termodinámicos, celdas electroquímicas, estructura atómica y nuclear, espectroscopía, movimiento orbital, propiedades de las ondas, movimiento vibracional, radiación electromagnética y radiactividad (Toomey y Garafalo, 2003). Por lo tanto, los profesores deben utilizar estos conceptos en los cursos de física o química para ayudar a sus estudiantes a lograr el IC.

Un ejemplo de esto es que, al enseñar el enlace químico, los profesores de química deben utilizar el concepto de la ley de Coulomb de la aplicación de la fuerza en sus cursos para aumentar el IC de sus estudiantes. Además, al enseñar la tensión superficial, los profesores de física deben explicar las fuerzas intermoleculares para lograr el IC (Taber, 2003; Taber, 2008b; Toomey y Garafalo, 2003). Sin embargo, no debe olvidarse que estos conceptos son solo ejemplos, ya que existen muchas áreas en la química y la física donde el conocimiento de un área no es necesario para que los estudiantes comprendan el IC.

La teoría del aprendizaje significativo de Ausubel afirma que este puede ocurrir si los estudiantes conectan sus nuevos conocimientos con los existentes (Ausubel, 1963). diSessa (1993) afirma que los conceptos no deben considerarse de forma aislada desde el punto de vista epistemológico del constructivismo, sino que están vinculados con otros conceptos. Para promover el aprendizaje significativo y cambiar los conceptos en la

mente de los estudiantes, debe existir una ecología del concepto sin pensarlo solo (Kim y Aktan, 2014).

De igual manera, Novak (2011) sugirió que la IC es necesaria para el aprendizaje significativo. Por lo tanto, no se puede pensar cada concepto por separado; debe existir una ecología del concepto y de los conceptos adyacentes que permanezcan bajo el mismo techo. En este punto, la importancia de la IC surge, ya que esta se centra en abordar los conceptos de las diferentes áreas temáticas que forman la base del tema que se enseña. Por lo tanto, los educadores científicos facilitan que los estudiantes conecten los conceptos con los conceptos afines.

Los estudiantes necesitan comprender la naturaleza de la ciencia para adquirir una cultura científica. Cuando los científicos abordan un problema, deben considerar todo el paradigma científico de la época para que sus resultados no entren en conflicto con otras teorías y leyes (Lederman, 2007). Los investigadores no utilizan una sola disciplina para generar sus conclusiones científicas. Deben utilizar una amplia gama de áreas temáticas para llegar a un argumento convincente. Dado que la IC requiere la combinación de diferentes disciplinas, ayuda a los estudiantes a imitar las prácticas científicas (Tuysuz et al., 2016).

Aunque muchos educadores científicos examinaron las concepciones y el pensamiento de los estudiantes con respecto a áreas temáticas específicas, la IC en los estudiantes no se cubrió adecuadamente (Tuysuz et al., 2016). Taber (1998b) estudió con 15 estudiantes universitarios de nivel A (16-18 años) en Inglaterra para comprender si integraban sus conocimientos básicos de física con el enlace químico. En este estudio se emplearon entrevistas en profundidad, muestras de trabajos estudiantiles, respuestas a exámenes y un número limitado de instrumentos de encuesta. El investigador utilizó los principios del enfoque de la teoría fundamentada para examinar a los estudiantes como casos. Los participantes consideraban que la física y la química son disciplinas científicas separadas y sin relación, y que usar conocimientos de física durante la clase de química relacionada con el enlace químico era innecesario. Además, los estudiantes utilizaban capas electrónicas completas para conceptualizar las reacciones químicas en lugar de considerarlas el resultado de interacciones físicas. Un participante que cursaba física y química a nivel avanzado simultáneamente comentó: “No puedo pensar en física en

química; tengo que pensar en aspectos químicos en química” (p. 1010). Por lo tanto, no lograron la CI entre física y química para el enlace químico.

En otro estudio, Taber (2003) administró una prueba diagnóstica basada en la energía de ionización a 334 estudiantes de química de nivel avanzado para ver si integraban sus concepciones sobre la energía de ionización con los aspectos de la electrostática coulombica. La muestra de este estudio fue la muestra de conveniencia, pero consistió en un grupo heterogéneo. Los resultados de este estudio mostraron que, si bien los estudiantes deben utilizar los principios de la electrostática coulombica para comprender la energía de ionización de forma significativa, generalmente utilizan afirmaciones relacionadas con la química, como que el núcleo atrae al electrón y que existe una fuerza entre el núcleo y el electrón.

Taber (2008b) también desarrolló un cuestionario de entrevista que podría utilizarse para explorar el alcance del IC en estudiantes de nivel avanzado que estudian química y física en una universidad de Inglaterra. Las preguntas abarcaron temas relacionados con mecánica, electricidad, reacciones químicas, cambios físicos y enlaces químicos. Para analizar a los estudiantes como casos discretos, se administró un estudio de caso exhaustivo en el que participaron cuatro estudiantes voluntarios (dos hombres y dos mujeres). Las respuestas de los participantes se examinaron bajo los títulos de fuerzas, fuerza y movimiento, interacciones entre cargas, energía y modelos de partículas. La investigación observó que los cuatro estudiantes tenían dificultades para integrar estos conceptos.

De manera similar, Nakiboglu (2003) examinó la integración común entre física y química mediante un estudio con 167 futuros profesores de química y examinó las dificultades que estos futuros profesores de química tenían para comprender los conceptos relacionados con los orbitales atómicos y la hibridación. Utilizó una prueba diagnóstica que incluía cuatro preguntas abiertas y cinco ítems de opción múltiple. Se utilizó un esquema de evaluación de conceptos para analizar los datos y se definieron cuatro categorías: comprensión sólida, comprensión parcial, conceptos erróneos y ninguna comprensión.

Los resultados indicaron que menos del 10% de los participantes solo se consideraron con una comprensión sólida de estos conceptos químicos. Por lo tanto, los estudiantes de

química tuvieron dificultades para utilizar los conocimientos previos de física necesarios para comprender los orbitales atómicos (Nakiboglu, 2003). Estos estudios de IC en la literatura se centran en la comprensión de conceptos químicos a nivel universitario, y a menudo se centran en un concepto químico específico.

Además, si bien existen estudios sobre la integración conceptual que utilizan los conocimientos previos de física para la enseñanza de conceptos de química, no existen muchos más estudios sobre la integración conceptual. Asimismo, no se encontraron en la literatura estudios sobre evaluación, métodos de enseñanza y currículo relacionados con la integración conceptual. No obstante, vale la pena estudiar las opiniones de los futuros docentes sobre la integración conceptual, ya que es difícil comprender la química en profundidad sin comprender los conceptos físicos subyacentes, o viceversa (Tuysuz et al., 2016).

La literatura sugiere que los estudiantes a menudo desarrollan ideas que son diferentes de las aceptadas por la comunidad científica y pretendidas por sus profesores. Las ideas de los estudiantes que son diferentes de las ideas científicas se denominan de diversas maneras conceptos erróneos, concepciones y marcos alternativos; la mayoría son conceptos erróneos y concepciones alternativas (Özmen, 2008).

Los investigadores están profundamente preocupados por la percepción que los estudiantes de secundaria y terciaria tienen de la química como una materia difícil, de la dificultad para aprenderla, de la falta de conocimientos previos para el aprendizaje de contenidos avanzados, y de la capacidad para aplicar sus conocimientos a problemas del mundo real (Boujaoude y Barakat, 2000; Dhindsa y Treagust, 2009). Estos autores también han afirmado que la gran cantidad de contenido impartido en un curso, la abstracción del contenido, el estilo de enseñanza tradicional con énfasis en el aprendizaje memorístico y la evaluación mediante exámenes y pruebas, son algunos de los principales factores responsables de la mala percepción de la química por parte de los estudiantes.

Por ejemplo, las respuestas incompletas y vagas de los estudiantes a las preguntas del examen de química reflejan su comprensión superficial de los conceptos (Dhindsa y Treagust, 2009). Muchos estudios en todos los niveles de escolarización para determinar las ideas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química sugieren que los

estudiantes que no adquirieron una comprensión satisfactoria de las concepciones científicas ocurrieron como resultado de métodos de enseñanza tradicionales como la simple lección magistral. Este tipo de enseñanza requiere que los estudiantes se sienten pasivamente y no los involucra activamente en el aprendizaje (Özmen, 2008).

En un aula tradicional centrada en el profesor, los estudiantes se convierten así en oyentes, y el profesor proporciona los hechos y define las ideas importantes. La participación de los estudiantes a menudo se limita a escuchar al profesor y quizás levantar la mano para responder preguntas. Estos métodos de enseñanza tradicionales cuando se utilizan en la enseñanza de ciencias significan que los estudiantes pueden comprender el tema, pero solo a un "nivel de conocimiento" que implica memorizar conceptos sin lograr una comprensión profunda. De manera similar, los métodos de enseñanza altamente centrados en el profesor pueden afectar negativamente las creencias de los estudiantes sobre la ciencia, llevándolos a ver el aprendizaje de la ciencia como una simple acumulación de hechos y la ciencia como algo sin interés (Özmen, 2008).

Los desarrolladores curriculares secuencian el conocimiento del contenido de química que se enseñará con una dificultad creciente para adaptarse al desarrollo mental de los estudiantes a medida que aumenta su edad. También buscan fomentar niveles más altos de aprendizaje de contenido utilizando el contenido previamente aprendido como conocimiento previo. La selección del contenido y su organización/secuenciación se basa en la experiencia de los desarrolladores curriculares. Cuando desconocen la investigación reciente sobre educación científica que guía la selección y secuenciación del contenido, se basan en gran medida en su comprensión del contenido, que generalmente se organiza de lo desconocido a lo conocido. A menudo, esta secuenciación no satisface las necesidades de aprendizaje de los estudiantes, especialmente las descritas por las teorías psicológicas del aprendizaje (Abiola y Dhindsa, 2012) y, por lo tanto, fomenta el aprendizaje memorístico.

Una enseñanza eficaz requiere secuenciar el contenido de lo conocido a lo desconocido para apoyar el aprendizaje del estudiante (Ausubel, 2000). El análisis de libros de texto de secundaria y terciaria (Hill *et al.*, 2010), así como en aulas de nivel medio y avanzado, han revelado que el tema del enlace químico se enseña en el orden de enlace iónico, covalente, covalente apolar, metálico e intermolecular. Tsaparlis y Pappa (2011)

informaron que 10 de 14 libros de texto seguían este orden. Solo unos pocos autores han considerado una secuencia diferente a la anterior para la enseñanza de estos conceptos (Tsaparlis y Pappa, 2011).

Un análisis reciente de libros de texto de educación secundaria superior en Suecia demostró que la forma en que se presentan los modelos de enlace químico podría generar concepciones alternativas en los estudiantes y dificultar su comprensión del enlace químico (Bergqvist *et al.*, 2013).

El enlace iónico se describe como una fuerza electrostática de atracción entre iones con cargas opuestas. Todos estos libros dieron un ejemplo de enlace iónico en la formación de cloruro de sodio. También han mostrado gráficamente la transferencia de un electrón (electrón saltador) del sodio al cloro mediante símbolos de Lewis de puntos de electrones.

El enlace covalente, por su parte, se describe como la compartición de pares de electrones entre dos átomos del mismo elemento o de elementos diferentes para completar el octeto de cada átomo y alcanzar la configuración estable de gas noble. Los libros utilizan moléculas de hidrógeno, cloro o flúor como ejemplos de enlace covalente diatómico, y se emplean símbolos de Lewis de puntos de electrones para mostrar gráficamente la compartición de electrones. A menudo no se da ningún ejemplo que implique la compartición de electrones entre dos átomos de diferentes elementos (Dhindsa y Treagust, 2009).

Estos ejemplos suponen/reflejan que la formación de enlaces ocurre cuando se produce una contribución igual de electrones de ambos átomos enlazantes, lo que lleva a la compartición equitativa de pares de electrones enlazantes. De hecho, este enlace rara vez se denomina enlace covalente no polar en los libros de texto (Dhindsa y Treagust, 2009).

2.2.1.2 Modelo de Enseñanza por Indagación Científica (*Inquiry-Based Learning*).

La química es una de las asignaturas que se estudian en la escuela secundaria. Uno de los materiales de química es el enlace químico, que incluye dimensiones de conocimiento fáctico, conceptual y procedimental, donde el material sobre enlace químico contiene conceptos abstractos.

Con base en los resultados de las observaciones y preguntas y respuestas con profesores de química y estudiantes de dos escuelas de la ciudad de Padang Iryani *et al.* (2021) demostraron que los estudiantes aún tienen dificultades para distinguir entre enlaces iónicos y covalentes. Los estudiantes deben resolver muchas preguntas de práctica. Por lo tanto, es fundamental que los estudiantes comprendan este material mediante la lectura y la realización de numerosos ejercicios.

En este contexto, la indagación es una actividad que implica observar, formular preguntas, consultar libros y otras fuentes de información para determinar lo que ya se sabe. Así como revisar lo que ya se sabe con base en evidencia experimental, utilizando herramientas para recopilar, analizar e interpretar datos. Además, proporcionar respuestas, explicar, predecir y comunicar los resultados. La indagación requiere la identificación de supuestos y el uso del pensamiento crítico y lógico (Istiqomah y Salirawati, 2023).

La indagación se refiere pues, a las actividades estudiantiles donde desarrollan el conocimiento y la comprensión de las ideas científicas, así como la comprensión de cómo los científicos estudian la naturaleza. Implementar actividades de indagación en las clases de ciencias puede ser muy beneficioso porque puede enfatizar el desarrollo del pensamiento científico (Istiqomah y Salirawati, 2023).

En general, el aprendizaje basado en la indagación es una técnica de enseñanza y aprendizaje donde los estudiantes participan activamente en el proceso de aprendizaje y el docente lo facilita. Las cualidades más importantes del aprendizaje basado en la indagación (ABI) son las actividades centradas en el alumno, la resolución de problemas, las actividades de descubrimiento, las aplicaciones científicas y el rol del instructor como facilitador, no como fuente de conocimiento (Nzomo *et al.*, 2023).

Las hojas de trabajo basadas en la indagación guiada son materiales didácticos diseñados para desarrollar habilidades individuales en la investigación de objetos, síntomas y problemas relacionados con la ciencia. Al utilizar estas hojas de trabajo guiadas en el proceso de aprendizaje, los estudiantes comprenderán conceptos con mayor facilidad, aumentarán la eficacia de las interacciones, los grupos, el aprendizaje y el interés mediante el trabajo en grupo estructurado. En este enfoque, el profesor actúa como

facilitador y comentarista sobre los problemas que enfrentan los estudiantes (Istiqomah y Salirawati, 2023).

La eficacia de la instrucción basada en la indagación ha sido validada científicamente. En la educación científica, la indagación cumple al menos dos propósitos, tanto como disciplina científica como herramienta instructiva. La indagación toma cuatro formas diferentes: confirmación, estructurada, guiada y abierta. La libertad ofrecida a los estudiantes en la creación de la indagación es lo que diferencia los enfoques. Los enfoques comienzan con prácticamente ninguna flexibilidad de los estudiantes, pero terminan con los estudiantes teniendo control total en el proceso de aprendizaje (Nzomo et al., 2023).

El aprendizaje basado en la indagación se puede utilizar en clases de ciencias a través de la implementación del paradigma instruccional 5E, una estrategia de planificación de lecciones que implica involucrar, explicar, explorar, extender y evaluar. La ocurrencia de cada una de las 5E y la frecuencia con la que ocurre es una buena medida del grado en que se está utilizando el modelo de indagación. El paso de involucramiento toma en cuenta la experiencia y el conocimiento previos del estudiante y desencadena las ideas preconcebidas del estudiante sobre el concepto (Nzomo et al., 2023).

En la fase de exploración, se permite a los estudiantes realizar investigaciones, mientras que la fase de explicación es un paso dirigido por el maestro. Además, los profesores que tienen malas actitudes hacia el modelo encuentran difícil hacer uso de la indagación en la enseñanza de ciencias. En este marco, los talleres de desarrollo profesional pueden mejorar la comprensión y la práctica del aprendizaje basado en ideas en la enseñanza y el aprendizaje de la química (Nzomo et al., 2023).

En la literatura, el aprendizaje basado en la indagación se ha asociado con creencias de eficacia mejoradas de los estudiantes en ciencias. La autoeficacia representa los juicios de los individuos sobre sí mismos sobre cuán exitosamente pueden lidiar con situaciones difíciles. Un estudio reveló que el aprendizaje basado en la indagación fue más exitoso que el aprendizaje científico en aumentar la autoeficacia en ciencias. Otro estudio reveló que en física, el uso de un laboratorio virtual con instrucción de indagación guiada fue más efectivo para conceptos desafiantes y autoeficacia de indagación científica en comparación con el laboratorio físico. Según Nzomo et al. (2023), los estudiantes que

usaron la técnica de aprendizaje autorregulado para hacer indagación mejoraron su disposición a buscar información, así como su autoeficacia.

Se ha demostrado que las creencias de eficacia de los estudiantes en Química aumentaron después de la experiencia de laboratorio basada en problemas. La instrucción basada en la investigación, en comparación con técnicas más didácticas, conduce a mayores ganancias en autoeficacia a medida que los estudiantes participan en actividades de resolución de problemas (Nzomo et al., 2023).

Li et al. (2022) también llevaron a cabo un estudio en este marco. Los autores destacaron que los orbitales atómicos representan un concepto esencial para desarrollar modelos de enlace químico, sobre los cuales se construyen otros temas de química más avanzados. En su investigación analizaron una serie de actividades de aprendizaje activo y un enfoque gamificado para desarrollar la competencia representativa de los estudiantes sobre los orbitales atómicos e involucrarlos en el aprendizaje de sus propiedades. Estas propiedades son esenciales para comprender diversos conceptos fundamentales como la penetración y el apantallamiento, relaciones como las tendencias periódicas y los modelos utilizados para describir el enlace químico. Las actividades emplean un enfoque basado en la indagación para que los estudiantes exploren la relación entre las propiedades espaciales de los orbitales atómicos y los números cuánticos. Las actividades guían a los estudiantes en la recopilación de datos para verificar las tendencias periódicas y construir configuraciones electrónicas. Esto mejora los niveles de motivación y autoeficacia, incrementando las tasas de comprensión de los estudiantes sobre estos conceptos (Li et al., 2022).

Iryani et al. (2020) también llevaron a cabo un estudio en la materia. Este estudio fue una continuación del estudio sobre el desarrollo de módulos de enlaces químicos basados en la indagación guiada, cuya validez y practicidad han sido probadas, pero aún no se han comprobado sus efectos. Este estudio se propuso revelar la influencia del uso de módulos de enlaces químicos basados en la indagación guiada en los resultados de aprendizaje de los estudiantes de décimo grado de SMAN 4 Padang y SMAN 9 Padang. Los datos de ambas escuelas presentaron una distribución normal y fueron homogéneos. Los resultados de la prueba t tuvieron un nivel de significancia de 0,05: $t\text{-count} (1,79) > t\text{-table} (1,67)$ en SMAN 4 Padang y $(2,93) > t\text{-table} (1,66)$ en SMAN 9 Padang. Según el

análisis, parece que los resultados de aprendizaje de los estudiantes que utilizan el módulo de enlaces químicos basado en la indagación guiada aumentan significativamente.

2.2.1.3 Modelos de Cambio Conceptual.

Personas de todas las edades tienen ideas erróneas sobre los fenómenos del mundo natural y físico. Pueden pensar, por ejemplo, que el verano es más caluroso porque la Tierra está más cerca del sol, y que es más frío en invierno porque la Tierra está más lejos del sol. Esta explicación no es compatible con la explicación científica del fenómeno. El aprendizaje científico a menudo implica la revisión de concepciones ingenuas, o cambio conceptual, lo cual no es un proceso rápido ni sencillo (Mason, 2020).

Existe una amplia literatura centrada en los conceptos erróneos de los estudiantes en varios dominios temáticos. Varios enfoques de cambio conceptual han intentado comprender cómo se produce el cambio conceptual para ayudar a los estudiantes a manejar estos conceptos erróneos (Pacaci et al., 2023). Los investigadores han abordado la cuestión de la naturaleza del cambio conceptual en términos de lo que implica la adquisición de nuevos conocimientos científicos cuando los estudiantes tienen ideas erróneas y necesitan revisar sus representaciones mentales.

Se han propuesto diversos enfoques para explicar los mecanismos que subyacen al cambio conceptual y extraer implicaciones para los procesos de enseñanza y aprendizaje. Durante algunas décadas, el cambio conceptual solo se examinó desde una perspectiva puramente cognitiva (cambio conceptual "frío"), mientras que más recientemente se ha prestado atención a los aspectos motivacionales y emocionales (cambio conceptual "cálido") (Mason, 2020).

Los hallazgos de la investigación de Mason (2020) indican que las diferencias individuales en el conocimiento previo erróneo, junto con las diferencias en las metas de logro, la autoeficacia, el interés y las creencias epistémicas, así como las diferencias en las emociones experimentadas en contextos de aprendizaje, están todas asociadas con el cambio conceptual. Esta investigación reciente ha desafiado la idea de que los conceptos

erróneos desaparecen permanentemente después de que se ha producido el cambio conceptual.

La información incorrecta adquirida previamente todavía compite con la información correcta recién adquirida. La función ejecutiva de la inhibición parece estar involucrada cuando las concepciones ingenuas y científicas coexisten en la memoria del estudiante y esta última se utiliza para producir una respuesta correcta. Se necesita más investigación sobre el papel del control inhibitorio en relación con el aprendizaje de conceptos y estados afectivos durante el aprendizaje científico (Mason, 2020).

El metaanálisis de Pacaci et al. (2023) tuvo como objetivo integrar estudios que investigan la efectividad de tres tipos de estrategia de cambio conceptual: conflicto cognitivo, puente cognitivo y cambio de categoría ontológica en el aprendizaje de las ciencias. Llevaron a cabo un metaanálisis de efectos aleatorios para calcular un tamaño de efecto general en la g de Hedges con una muestra de 218 estudios primarios, incluidos 18.051 estudiantes.

Los autores también realizaron un metanálisis bayesiano sólido para calcular un tamaño del efecto ajustado, que especificó un efecto grande (g ajustado = 0,93; IC del 95 % [0,68; 1,07]; $k = 218$). Los resultados fueron consistentes en las estrategias de cambio conceptual del conflicto cognitivo ($g = 1,10$, IC del 95% [0,99, 1,21], $k = 150$, $p < 0,001$), puente cognitivo ($g = 1,06$, IC del 95% [0,84, 1,28], $k = 30$, $p < 0,001$), y cambio de categoría ontológica ($g = 0,88$, IC del 95% [0,50, 1,26], $k = 9$, $p < 0,001$). Sin embargo, un intervalo de predicción de amplio alcance [0,19, 2,38] señaló un alto nivel de heterogeneidad en la distribución de los tamaños del efecto.

Por lo tanto, investigaron los efectos moderadores de diversas variables mediante metarregresiones simples y múltiples. El modelo de metarregresión final que crearon explicó el 35 % de la heterogeneidad general. Este metaanálisis proporcionó evidencia sólida que sostiene que las estrategias de cambio conceptual mejoran significativamente el aprendizaje de los estudiantes en ciencias.

Por esta razón, superar los conceptos erróneos se ha convertido en uno de los objetivos principales de las prácticas docentes. En este sentido, la instrucción sobre cambio conceptual se propuso para ayudar a los estudiantes a pasar de estructuras de

conocimiento preinstruccional científicamente incorrectas a otras científicamente aceptadas. Desde la década de 1980, especialmente después de que Posner et al. (1982) propusieran el modelo de cambio conceptual, una gran cantidad de literatura se ha centrado en comprender cómo se produce el cambio conceptual y, en consecuencia, se han desarrollado diferentes tipos de enfoques de cambio conceptual para el aprendizaje de las ciencias. Estos enfoques no se excluyen mutuamente, sino que atribuyen diferentes roles al conocimiento previo del proceso de cambio conceptual. Por lo tanto, proponen diferentes tipos de estrategias docentes para lograr el cambio conceptual (Pacaci et al., 2023).

2.2.1.4 Enseñanza Basada en Resolución de Problemas y Uso de TIC en Ciencias.

Los enfoques pedagógicos pueden influir en las actitudes de los estudiantes, el desarrollo cognitivo y el logro en la educación científica. Debido a esto, los profesores de ciencias y química pueden necesitar considerar enfoques de enseñanza alternativos, particularmente para conceptos científicos difíciles y abstractos.

Algunos autores sugieren que esto podría lograrse mediante el uso de enfoques más centrados en el estudiante y particularmente aquellos que emplean tecnologías modernas de la información y la comunicación, ya que estas tecnologías pueden ayudar a facilitar la construcción de conocimiento en el aula y guiar las actividades de los estudiantes, dejando a los profesores la oportunidad de interactuar con grupos pequeños y diagnosticar dificultades (Özmen, 2008).

Algunos estudios se han centrado recientemente en la importancia de la integración efectiva de las herramientas de la Tecnología de la Información y la Comunicación (TIC) en la educación científica y la necesidad de que los profesores de ciencias reciban la capacitación y el apoyo adecuados para usarlas eficazmente. El uso de las TIC por parte de los profesores de ciencias en muchos lugares está limitado por la falta de infraestructura adecuada, acceso limitado a la tecnología y capacitación de los profesores en la integración de la tecnología. Sin embargo, hay indicios de que la adopción de las TIC en la educación científica puede aumentar en el futuro (Ibrahimi et al., 2024).

Los retos de la educación actual residen en proporcionar conocimiento duradero y desarrollar habilidades para la resolución de problemas. Esto exige trabajar en estrategias educativas, incorporar nuevas cualidades a la enseñanza y el aprendizaje, y promover modelos de escolarización orientados a la enseñanza interactiva. Ante la creciente integración de las TIC en la educación, la evaluación de su impacto en el rendimiento académico ha recibido una mayor atención (Ibrahimi *et al.*, 2024).

El aprendizaje basado en la tecnología puede ayudar a desarrollar las habilidades de toma de decisiones y resolución de problemas, así como las de procesamiento de datos y comunicación de los estudiantes. En aulas centradas en el estudiante, con la ayuda de computadoras, estos pueden colaborar, usar el pensamiento crítico y encontrar soluciones alternativas a los problemas. Recientemente, se ha expresado interés en la reforma de la educación científica, que enfatiza la necesidad de integrar las tecnologías informáticas en el aprendizaje y la enseñanza (Özmen, 2008).

El uso de las TIC en el aula se considera muy importante para brindar oportunidades para que los estudiantes aprendan a operar en una era de la información y ayudar a los estudiantes a aprender de manera más efectiva. Sin embargo, la integración exitosa de las TIC en la educación es un proceso complejo, que requiere la infraestructura tecnológica necesaria, una mayor capacitación docente, así como la disposición y motivación de los docentes (Ibrahimi *et al.*, 2024).

Durante siglos, los docentes han sido tradicionales en la metodología de enseñanza, principalmente por su elección más que por la influencia del entorno. Sus métodos y comportamiento han cambiado lentamente con el tiempo, pero permanentemente no se han apartado demasiado de los métodos de enseñanza tradicionales. Por lo tanto, el aprendizaje también se basa en la forma convencional, aunque los estudiantes parecen más abiertos a las innovaciones y a adaptarse a los nuevos métodos tecnológicos (Ibrahimi *et al.*, 2024).

El estudio de Ibrahimi *et al.* (2024) sugiere que las TIC se pueden utilizar en la enseñanza de las ciencias para proporcionar acceso a recursos de internet, hacer que el aprendizaje sea activo y constructivo, y aumentar el interés y la motivación de los alumnos y su participación en las actividades del aula. Sin embargo, aunque algunos docentes utilizan herramientas de las TIC como presentaciones multimedia y recursos en

línea, muchos enfrentaban desafíos relacionados con el acceso limitado a la tecnología y la falta de capacitación digital.

En particular, el uso de las TIC por parte del profesorado de ciencias se ha identificado como un factor esencial para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en las escuelas. En muchos casos, los docentes tienden a utilizar sus computadoras portátiles u otros dispositivos personales, pero esto es considerado principalmente una solución por los docentes más jóvenes con menos de diez años de experiencia docente. Existe entonces la necesidad de que los docentes adquieran conocimientos digitales según los diferentes grupos de edad.

2.2.2 Conocimiento del Contenido Pedagógico

Un área académica que naturalmente implica conexiones entre la investigación y la práctica, y que es relevante para la enseñanza de casi cualquier tema, es el conocimiento del contenido pedagógico (CCP). La importancia del CCP fue descrita por primera vez por Shulman (1986, 1987), quien argumentó que tanto el conocimiento del contenido como el conocimiento pedagógico son importantes para los docentes, y que una combinación de estos dos tipos de conocimiento es importante para la enseñanza de temas específicos. Desde entonces, se han descrito numerosos aspectos y fuentes del CCP.

Se han desarrollado varios modelos para mostrar el desarrollo del CCP (Grossman, 1990; Geddis y Wood, 1997; Magnusson et al., 1999; Rollnick et al., 2008), cada uno destacando diferentes aspectos sociales y culturales del conocimiento docente. Más recientemente, investigadores han reexaminado el concepto de CCP (Berry et al., 2015) y desarrollado nuevos modelos (Gess-Newsome, 2015). De hecho, se ha dedicado un volumen completo a nuevas perspectivas sobre el CCP para la enseñanza de las ciencias (Hume et al., 2019).

Entre otras contribuciones, este volumen presenta el Modelo de Consenso Refinado de CCP (Carlson et al., 2019), que “ofrece una visión profunda del pensamiento de los principales investigadores mundiales sobre la naturaleza del CCP para la enseñanza de las ciencias” (Tepner y Sumfleth, 2019, p. 319). Se basa en los debates mantenidos sobre

formación del profesorado de ciencias, así como en los hallazgos de una extensa revisión bibliográfica que justificó el nuevo modelo.

La revisión bibliográfica, los debates en la cumbre y el modelo resultante abordan las diversas maneras en que el concepto CCP se utiliza, interpreta e investiga dentro de la comunidad investigadora en educación científica (Hume et al., 2019). Esta literatura existente describe los cuatro componentes del CCP en relación con el enlace químico, pero principalmente de forma aislada. Es decir, los estudios individuales suelen centrarse en componentes individuales en lugar de en combinaciones de componentes o en las relaciones entre ellos. De igual manera, ya existen excelentes recursos para abordar las ideas erróneas de los estudiantes, como la revisión de Kind (2004), que abarca once conceptos, o el libro de Barke et al. (2008), titulado “Misconceptions in Chemistry”, ambos centrados en el enlace químico. Sin embargo, la base empírica de muchas recomendaciones no siempre está articulada.

Además, muy pocas fuentes examinan los cuatro componentes del CCP, a pesar de que los expertos han destacado la importancia de prestar atención a la interacción entre ellos (Mavhunga, 2019; Park y Suh, 2019). Finalmente, de los recursos existentes para aprender sobre la enseñanza del enlace químico, muy pocos logran un equilibrio productivo entre “simplificar lo suficiente para adaptarse a los propósitos actuales de los estudiantes, pero sin simplificar excesivamente hasta socavar sus necesidades futuras” (Nahum et al., 2007, p. 585).

Una revisión exhaustiva y convincente de los hallazgos de investigación constituye una vía necesaria, pero no suficiente, para comprender las prioridades en el aprendizaje sobre la enseñanza del enlace químico. Si se toma en serio a los profesionales involucrados en las conexiones entre la investigación y la práctica, esperar que apliquen mecánicamente los conocimientos de la investigación representaría una visión empobrecida de la profesión docente. Esto podría explicar por qué la investigación de las prácticas de los formadores de docentes ha cuestionado la concepción del profesionalismo exigido (Vanassche y Kelchtermans, 2015), que afirma que los formadores de docentes deben estar informados y ser hábiles para aplicar teorías y principios definidos en otros ámbitos.

De hecho, dado que las dimensiones esenciales de la práctica docente a menudo se marginan en las agendas de investigación dominantes de la formación docente basada en la evidencia, el campo requiere centrarse no solo en lo que nos dice la evidencia, sino también en las creencias y suposiciones que sustentan la práctica (Vanassche y Berry, 2020). En otras palabras, “para que el CCP como constructo sea significativo en el trabajo de los profesores de ciencias, es importante que se articulen y documenten ejemplos concretos para que los profesores puedan utilizarlos para dar forma a su propia práctica” (Loughran et al., 2012: p. 15).

Chan y Hume (2019) revelaron que en el 89 % de los estudios, el CCP se trató como una categoría de conocimiento diferenciada y se conceptualizó como compuesto de componentes. Los dos componentes del CCP más comúnmente aceptados e investigados fueron el conocimiento de la comprensión de los estudiantes y el conocimiento de las estrategias y representaciones instruccionales. Aproximadamente la mitad de los estudios incluyeron el conocimiento de la evaluación y el conocimiento del currículo. Curiosamente, descubrieron que el componente afectivo y las orientaciones del profesorado para la enseñanza de las ciencias, se encontraba solo en aproximadamente un tercio de los estudios de la revisión, y no se menciona explícitamente en el diagrama del modelo de consenso refinado ni en el texto explicativo.

Los profesores necesitan conocer el currículo: cómo se estructura, cuáles son los objetivos de aprendizaje y cómo un tema específico (por ejemplo, el enlace químico) encaja en las rutas de aprendizaje previstas y en el currículo general. Al enseñar el enlace químico, los docentes necesitan saber qué conceptos relacionados han aprendido los estudiantes en años anteriores (moléculas, átomos e iones), qué conceptos (enlace iónico, enlace covalente y enlace metálico) deben aprenderse de acuerdo con el currículo formal, especialmente cuando la evaluación es un factor clave, y qué recursos curriculares están disponibles para su aprendizaje (libros de texto, videos y demostraciones) (Magnusson et al., 1999).

Es fundamental que los docentes conozcan la comprensión del alumnado, lo que incluye los temas y conceptos que los alumnos perciben como difíciles, así como lo que los alumnos aportan a clase en términos de conocimientos previos, incluyendo concepciones pre y alternativas. Mientras que las preconcepciones se refieren a concepciones

formadas antes de conocer la explicación científica, las concepciones alternativas pueden describirse como “marcos de comprensión que contradicen el conocimiento aceptado” (Taber, 2001, p. 161). El término “conceptos erróneos” tiene un significado similar y también se utiliza con frecuencia en la literatura científica (Vrabec y Proks̃a, 2016).

El conocimiento del profesorado sobre las estrategias de enseñanza (aprendizaje cooperativo, aprendizaje basado en problemas, mapas conceptuales y trabajo práctico) y las representaciones (modelos, ilustraciones, simulaciones, ejemplos y analogías) puede ayudar a los estudiantes a comprender los conceptos y las relaciones entre ellos. Esto incluye lo que comúnmente se denomina en la literatura sobre educación química “nivel simbólico”. Las representaciones adecuadas pueden ayudar a los estudiantes a conectar los niveles micro y macro y, por lo tanto, influir en su capacidad para usar las relaciones estructura-propiedad para su comprensión de la química (Gilbert y Treagust, 2009).

Gilbert y Justi (2016) argumentan que los tipos de representación particularmente importantes en la educación científica son la gestual, concreta, visual estática (imágenes, diagramas, gráficos y ecuaciones matemáticas y químicas), visual dinámica (teatro, animación y simulación), oral y auditiva. Los docentes necesitan conocer y comprender las diferencias en las representaciones disponibles para conceptos específicos, y ser conscientes de sus fortalezas y debilidades relativas, para determinar qué representación podría ser la más adecuada para una situación particular (Magnusson *et al.*, 1999).

Finalmente, el conocimiento de la evaluación se refiere a la comprensión de qué evaluar y cómo lograrlo. Es esencial para el aprendizaje, y para utilizar adecuadamente este conocimiento, pues los docentes requieren un repertorio de estrategias de evaluación (formativa y sumativa, formal e informal, pruebas de papel y lápiz, pruebas prácticas, exámenes orales y portafolios). Además, necesitan información y acceso a instrumentos (diálogos profesor-alumno en el aula y pruebas abiertas o de opción múltiple) para evaluar la comprensión del alumnado en relación con el tema en cuestión (Kippers *et al.*, 2018).

En el marco del conocimiento de estrategias y representaciones instruccionales en la enseñanza del enlace químico, la evidencia reporta efectos positivos en la comprensión estudiantil mediante el aprendizaje cooperativo (Acar y Tarhan, 2008; Frailich *et al.*,

2009; Karacop y Doymus, 2013; Eymur y Geban, 2017) o discusiones grupales (Waldrip y Prain, 2012; Warfa et al., 2014). Además, los estudiantes experimentaron el trabajo en grupo como algo positivo, pero también difícil (Tarhan et al., 2008). Asimismo, se demostró que las discusiones entre profesor y alumno sobre modelos apropiados (Harrison y Treagust, 2000) también son importantes para la comprensión estudiantil y contribuyen a su razonamiento.

Los estudiantes que utilizaron una estrategia de texto enriquecido (Tsaparlis et al., 2018) o la estructura premisa-razonamiento-resultado para construir explicaciones científicas al aprender sobre enlaces covalentes, metálicos e iónicos (Putra y Tang, 2016) obtuvieron un rendimiento mucho mejor en varios conceptos de enlace químico.

Asimismo, cuando los estudiantes de 12° grado fueron asignados como profesores adjuntos, estos comprendieron mejor las dificultades de los estudiantes, lo que resultó en mejores estrategias de enseñanza (Schultze y Nilsson, 2018).

Un estudio demostró que los textos centrados en el cambio conceptual aumentaron la comprensión de los estudiantes y los hicieron conscientes de sus concepciones existentes (O'zmen et al., 2009). Finalmente, la contextualización, al igual que el aprendizaje basado en casos y problemas, que utiliza contextos de la vida real, ofrece un entorno de aprendizaje más eficaz y mejora la comprensión, la actitud y la motivación de los estudiantes (Tarhan et al., 2008; Broman y Parchmann, 2014).

Se ha demostrado, además, que los eventos o problemas de la vida cotidiana (medicamentos y bebidas energéticas) y los materiales de aprendizaje basados en contextos relevantes de la vida real (combustibles alternativos) ayudan a los estudiantes a comprender la relevancia de la química en general, así como a potenciar el pensamiento complejo y a desarrollar una actitud positiva hacia la química (Broman y Parchmann, 2014). Otros dos estudios también describieron estrategias temáticas específicas que demostraron que la enseñanza de los enlaces químicos basada en fuerzas electrostáticas mejora la comprensión de los estudiantes (Joki et al., 2015; Cheng y Oon, 2016).

2.2.3 Aprendizaje del Concepto de Enlace Químico en la Educación Secundaria en la Actualidad

El enlace químico es uno de los conceptos clave y básicos en química (Nahum *et al.*, 2010; Hunter *et al.*, 2022). Las ideas sobre el enlace químico son esenciales para extraer inferencias sobre las relaciones entre estructura y función, así como para establecer conexiones con otros temas como la termodinámica (Hunter *et al.*, 2022).

Varias iniciativas independientes de reforma curricular en Estados Unidos han caracterizado las ideas sobre el enlace químico y las interacciones electrostáticas como "ideas centrales disciplinarias" o "conceptos de anclaje" en química. De hecho, el enlace químico es un tema fundamental en todo el plan de estudios de química de pregrado, y las ideas relacionadas con el enlace se refuerzan en toda la química general, química orgánica, química inorgánica, química física, química analítica, y bioquímica (Hunter *et al.*, 2022).

El aprendizaje de muchos de los conceptos que se enseñan en química, tanto en escuelas secundarias como en universidades, depende de la comprensión de las ideas fundamentales relacionadas con el enlace químico (Nahum *et al.*, 2010). Sin embargo, tanto los profesores como los alumnos perciben el concepto como difícil, y su enseñanza suele llevar a que los estudiantes desarrollen conceptos erróneos (Nahum *et al.*, 2010).

Tsaparlis *et al.* (2018) llevaron a cabo un estudio que proporcionó evidencia basada en la investigación sobre conceptos erróneos y dificultades conceptuales que experimentan los estudiantes en las escuelas secundarias superiores y el efecto de un texto enriquecido.

Tsaparlis *et al.* (2020) agregaron que, si bien el concepto de enlace químico es fundamental para la enseñanza de la química, el tema ha resultado difícil de organizar y abordar tanto para diseñadores curriculares como para docentes y estudiantes.

Estos desafíos se deben principalmente a que el concepto requiere la comprensión de muchos detalles críticos y un razonamiento sofisticado, lo que lo hace complejo y difícil para la gran mayoría del alumnado. Los diversos tipos de enlace (metálico, iónico, covalente, polar y apolar, intermolecular) generan dificultades conceptuales y dan lugar a numerosos conceptos erróneos (Tsaparlis *et al.*, 2020).

Las dificultades conceptuales que encuentran los estudiantes al estudiar el tema del enlace químico llevan a muchos de ellos a recurrir a la memorización mecánica y a la formación de conceptos erróneos (Nahum *et al.*, 2007), muchos de los cuales resultan resistentes a la instrucción. Taber (1998a) ha sugerido que prevalece un "marco conceptual alternativo" para el enlace químico, según el cual los estudiantes utilizan la "regla del octeto" como marco explicativo de la estabilidad y reactividad química, y esto puede conducir entonces al "desarrollo de una propagación de conceptos erróneos". Así, muchos de estos conceptos erróneos son resultado de modelos demasiado simplificados utilizados en libros de texto, del uso de la pedagogía tradicional que presenta una imagen bastante limitada y a veces incorrecta de los problemas relacionados con el enlace químico, y de las evaluaciones del rendimiento de los estudiantes que influyen en la forma en que se enseña el tema (Nahum *et al.*, 2010). El estudio de Hunter *et al.* (2022) subrayó que las ideas del instructor de química sobre el enlace químico o la presentación del contenido en los libros de texto de química influyen en su práctica pedagógica. En algunos casos se observó que los instructores y expertos en contenido eran parte del desarrollo o la evaluación de un currículo modificado con mejores resultados en la percepción y comprensión del concepto de enlace químico en los estudiantes (Hunter *et al.*, 2022).

Por otro lado, según Talanquer (2007, 2013) los estudiantes no reconocen agentes causales principales ni ningún otro tipo de mecanismo causal. Al construir sus explicaciones sobre sustancias químicas, reacciones y enlaces, demuestran un sesgo cognitivo hacia las explicaciones teleológicas, tal como se representan en los libros de texto escolares y en la enseñanza, que a menudo están fuertemente influenciados por los procedimientos de evaluación (Nahum *et al.*, 2010).

2.2.4 El uso de Laboratorios en el Aprendizaje de las Ciencias Naturales y el Concepto del Enlace Químico

Las actividades de laboratorio han tenido durante mucho tiempo un papel distintivo y central en el currículo de ciencias como un medio para dar sentido al mundo natural y hacer que el aprendizaje de las ciencias sea más relevante y motivador (*The Royal*

Society of Chemistry, 2021). En una cita de Ira Ramsden (1846-1927), quien escribió sus memorias cuando era niño y experimentaba un fenómeno químico, explicaba la química desde esta perspectiva de aprendizaje más experiencial y práctica:

Mientras leía un libro de texto de química, me encontré con la afirmación «el ácido nítrico actúa sobre el cobre» ... y estaba decidido a averiguar qué significaba. Habiendo encontrado ácido nítrico, solo tenía que aprender qué significaba la palabra «actúa sobre» ... En aras del conocimiento, incluso estuve dispuesto a sacrificar uno de los pocos centavos de cobre que tenía. Puse uno sobre la mesa; abrí la botella marcada «ácido nítrico», vertí un poco del líquido sobre el cobre y me dispuse a hacer una observación. Pero ¿qué era aquello maravilloso que veía? El centavo ya estaba cambiado, y no era un cambio pequeño. Un líquido azul verdoso espumeaba y humeaba sobre el centavo y la mesa. El aire... se tiñó de rojo oscuro... ¿Cómo podía detenerlo? Lo intenté recogiendo el centavo y tirándolo por la ventana... Descubrí otro hecho: el ácido nítrico... actúa sobre los dedos. El dolor me llevó a otro experimento imprevisto. Pasé los dedos por mis pantalones y descubrí que el ácido nítrico actúa sobre ellos. Lo cuento aún ahora con interés. Fue una revelación para mí. Claramente, la única manera de aprender sobre estos tipos de acción extraordinarios es ver los resultados, experimentar y trabajar en el laboratorio (Getman, 1940, p. 9-10).

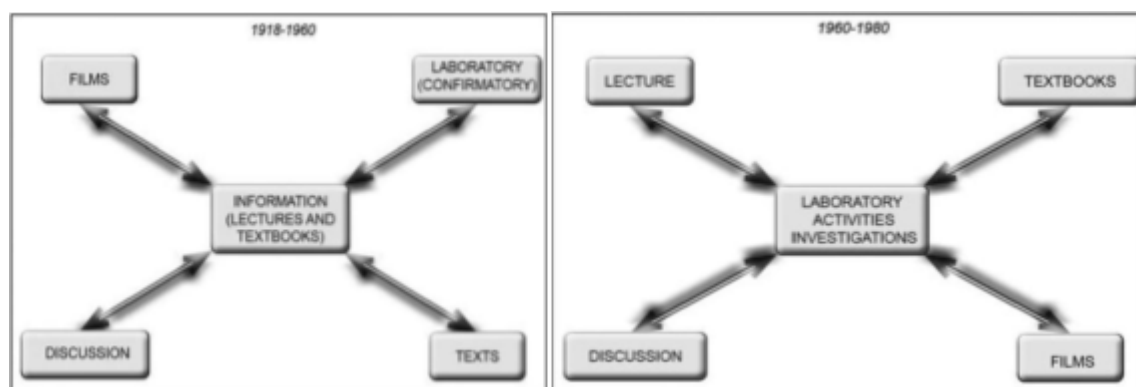
Esto se debe a que permiten comprender el mundo natural. Desde el siglo XIX, cuando las escuelas comenzaron a enseñar ciencias sistemáticamente, el laboratorio se ha convertido en un elemento distintivo del aprendizaje de la química. Tras la Primera Guerra Mundial, y con el rápido aumento del conocimiento científico, el laboratorio se utilizó principalmente para confirmar e ilustrar la información previamente aprendida en una clase magistral o en libros de texto. Con la reforma de la educación científica en la década de 1960 en muchos países, la idea del trabajo práctico era involucrar a los estudiantes en investigaciones, descubrimientos, indagación y resolución de problemas (*The Royal Society of Chemistry*, 2021).

En otras palabras, el laboratorio se convirtió en el núcleo del proceso de aprendizaje de las ciencias, cuyos objetivos se enfocaban en despertar y mantener el interés, la actitud, la satisfacción, la apertura mental y la curiosidad; desarrollar el pensamiento creativo y la capacidad de resolver problemas; promover aspectos del pensamiento científico y el método científico; y desarrollar la comprensión conceptual. También buscaban desarrollar habilidades prácticas como diseñar un experimento, registrar datos y analizar e interpretar los resultados obtenidos al realizar un experimento (*The Royal Society of Chemistry*, 2021).

Hofstein y Lunetta (1982) citados en *The Royal Society of Chemistry* (2021) sugirieron un método para organizar estos objetivos para justificar la importancia de la enseñanza y el aprendizaje en el laboratorio, bajo los títulos: cognitivo, práctico y afectivo. Desde su perspectiva, el laboratorio ha desempeñado desde hace mucho tiempo un papel central y distintivo en la enseñanza de la química, ya que se ha utilizado para involucrar a los estudiantes en experiencias concretas con conceptos y objetos (véase figura 2).

Figura 2

El papel del laboratorio de ciencias, 1918-1980.



Fuente: The Royal Society of Chemistry (2021).

Durante más de un siglo, el laboratorio tuvo un papel central y distintivo en la educación científica, y los educadores científicos sugirieron que se obtienen ricos beneficios en el aprendizaje al usar actividades de laboratorio. Sin embargo, a fines de la década de 1970 y principios de la de 1980, algunos educadores comenzaron a cuestionar seriamente tanto la efectividad como el papel del trabajo de laboratorio, y el caso del laboratorio no era tan evidente como alguna vez pareció (Bates, 1978). La encuesta de 1982 realizada por Hofstein y Lunetta brindó una perspectiva sobre el problema del laboratorio de ciencias a través de una revisión de la historia, los objetivos y los hallazgos de la investigación con respecto al laboratorio como medio para la instrucción en la enseñanza y el aprendizaje de ciencias en la escuela secundaria (*The Royal Society of Chemistry*, 2021).

La revisión planteó otra cuestión con respecto a la definición de las metas y los objetivos del laboratorio en la educación científica. Reveló que estos objetivos eran sinónimos de los definidos para el aprendizaje de las ciencias en general. Por lo tanto, sugirieron que es vital aislar y definir metas para las cuales el trabajo de laboratorio podría hacer una contribución única y significativa a la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. También escribieron que si bien el laboratorio proporciona un medio único para la enseñanza y el aprendizaje en ciencias, los investigadores no habían examinado exhaustivamente los efectos de la instrucción de laboratorio en el aprendizaje y el crecimiento de los estudiantes, en contraste con otros modos de instrucción (*The Royal Society of Chemistry*, 2021).

En los proyectos de tipo curricular desarrollados durante la década de 1960, el laboratorio se concibió como un espacio para la indagación, el desarrollo y la comprobación de teorías, y para brindar a los estudiantes la oportunidad de practicar la ciencia. Un área que se investigó extensamente se refiere al desarrollo intelectual. Educadores basados en Piaget (1970) desarrollaron el ciclo de aprendizaje, que constaba de las siguientes etapas: exploración, en la que el estudiante manipula materiales concretos; introducción de conceptos, en la que el profesor introduce conceptos científicos; y aplicación de conceptos, en la que el estudiante investiga más preguntas y aplica el nuevo concepto a situaciones novedosas.

Muchos intérpretes del trabajo de Piaget (1970) infirieron que el trabajo con objetos concretos (proporcionados en experiencias prácticas) es una parte esencial del desarrollo del pensamiento lógico, particularmente en la etapa anterior al desarrollo de operaciones formales.

Otra importante contribución sugirió una taxonomía de cuatro fases para describir el proceso general del trabajo práctico en el contexto del laboratorio de química: (1) planificación de una investigación (experimento), (2) realización del experimento, (3) observaciones y (4) análisis, aplicación y explicación.

En Israel, se diseñó un examen de laboratorio orientado a la indagación en el que el estudiante era evaluado sobre las bases de manipulación, autosuficiencia, observación, diseño experimental, comunicación y razonamiento. Estos podrían servir como un organizador de objetivos de laboratorio que podrían ayudar en el diseño de instrumentos

significativos para evaluar los resultados del trabajo de laboratorio. Además, estos tenían el potencial de servir como base para la evaluación continua de los logros y el progreso de los estudiantes y para la implementación de exámenes prácticos (*The Royal Society of Chemistry*, 2021).

En los últimos 20 años, se han visto cambios importantes en la educación científica. Estos se han debido, en parte, a la globalización y al rápido desarrollo tecnológico, que exigen que los sistemas educativos con educación científica de alta calidad sean competitivos a nivel internacional y desarrollen el conocimiento y las competencias necesarias en la sociedad moderna. Estos nuevos marcos brindan un claro respaldo al aprendizaje por indagación como contenido y habilidades de aprendizaje de orden superior que incluyen, en el contexto del laboratorio, planificar un experimento, observar, hacer preguntas relevantes, formular hipótesis y analizar resultados experimentales (*The Royal Society of Chemistry*, 2021).

Además, se ha observado una alta frecuencia de reformas curriculares a nivel internacional. Un punto central ha sido hacer que la educación científica se adapte mejor a las necesidades de todos los ciudadanos (AAAS, 1995), pues se reconoce que las necesidades de los ciudadanos incluyen más que solo conocimiento científico. En la vida cotidiana, la ciencia a menudo participa en el debate público y se utiliza como evidencia para respaldar opiniones y contribuciones. La ciencia también presenta con frecuencia hallazgos e información que desafían las normas existentes y los estándares éticos en la sociedad.

En su mayor parte, es ciencia de vanguardia y no teorías establecidas lo que está en juego. Por esta razón, no ayuda saber ciencia de libros de texto; más bien, es necesario tener conocimiento sobre ciencia. Los ciudadanos necesitan comprender los principios de la investigación científica y cómo opera la ciencia a nivel social. La pregunta natural, por supuesto, es ¿hasta qué punto y de qué maneras puede el laboratorio de ciencias ayudar a proporcionar a los estudiantes este tipo de comprensión? (*The Royal Society of Chemistry*, 2021).

La Sociedad Química Americana describe el papel del laboratorio en el aprendizaje de la química, destacando que esta es una ciencia de laboratorio y no se puede enseñar eficazmente sin una sólida experiencia de laboratorio para los estudiantes de secundaria

y preparatoria. La identificación, manipulación y uso general del equipo de laboratorio son partes integrales de la materia, por lo que un laboratorio escolar debe contar con el equipo necesario para realizar demostraciones y experimentos significativos.

El entorno del laboratorio debe ser accesible para todos los estudiantes y mantenerse con seguridad en mente. Los maestros deben implementar medidas de seguridad para proteger a los estudiantes y a sí mismos durante cualquier investigación. Con las adaptaciones adecuadas, los estudiantes con fuerza o movilidad limitadas pueden participar en la experiencia de laboratorio. Una instrucción centrada en el estudiante y que enfatice el papel de las demostraciones y experimentos de laboratorio es en su perspectiva, el mejor método para asegurar que los estudiantes desarrollen las habilidades esenciales de la ciencia (American Chemical Society, 2018)

La visión sociocultural de la ciencia enfatiza pues, la construcción social del conocimiento científico. En consecuencia, se considera que la indagación científica incluye un proceso en el que se desarrollan explicaciones para dar sentido a los datos y luego se presentan a una comunidad de pares para su crítica, debate y revisión. Esta reconceptualización de la ciencia desde la perspectiva individual a la social ha cambiado fundamentalmente la visión de los experimentos como una forma de representar el método científico. En lugar de ver los pasos procedimentales del experimento como el método científico, ahora se valora el trabajo práctico por su papel en proporcionar evidencia para las afirmaciones de conocimiento (Vázquez y Manassero, 2012).

En lugar de capacitar a especialistas en ciencias, el laboratorio ahora debería ayudar al ciudadano promedio a comprender la ciencia y desarrollar habilidades que serán útiles para evaluar afirmaciones científicas en la vida cotidiana. En lugar de promover el método científico, el laboratorio debería centrarse en cómo se sabe lo que se sabe y por qué se cree en ciertas afirmaciones en lugar de en alternativas competitivas. La perspectiva del aprendizaje sociocultural también proporciona razones para revisar el trabajo en grupo en el laboratorio escolar. Lo más importante es que los cambios actuales finalmente han producido una alternativa al enfoque del proceso científico y la perspectiva de la enseñanza de las ciencias naturales y la química (*The Royal Society of Chemistry*, 2021).

En términos de su uso en la educación científica, el laboratorio se basa en la realización de actividades científicas, o en experimentos de laboratorio llevados a cabo por el profesor o los estudiantes, con el propósito de aprender o enseñar ciencias (*The Royal Society of Chemistry*, 2021). El contenido teórico de la química se entiende mejor como un conjunto de modelos. Gilbert (1998) afirma que los modelos desempeñan un papel fundamental en todas las disciplinas científicas; sin embargo, parecen ser particularmente problemáticos para los estudiantes de química. Los estudiantes viven y operan en el mundo macroscópico de la materia. Desafortunadamente, no perciben la química como algo relacionado con su entorno.

Además, no siguen fácilmente los cambios entre los niveles macroscópico y microscópico (Gabel, 1996). Los conceptos químicos son muy abstractos y a los estudiantes les resulta difícil explicar los fenómenos químicos mediante estos conceptos. El estudio de las concepciones alternativas y los marcos conceptuales de los estudiantes ha sido un campo activo entre los educadores científicos durante más de dos décadas. Los educadores científicos han expresado la opinión de que la singularidad del laboratorio radica principalmente en brindar a los estudiantes oportunidades para participar en procesos de investigación e indagación (*The Royal Society of Chemistry*, 2021). Los Estándares Nacionales de Educación en Ciencias (NRC, 1996) definieron estas actividades de aprendizaje como:

Las diversas maneras en que los científicos estudian el mundo natural y proponen explicaciones basadas en la evidencia derivada de su trabajo. La indagación científica también se refiere a las actividades mediante las cuales los estudiantes desarrollan el conocimiento y la comprensión de las ideas científicas, así como una comprensión de cómo los científicos estudian el mundo natural (p. 34).

El trabajo de laboratorio es pues, parte integral de la experiencia química, ya que permite a los estudiantes explorar conceptos químicos, observar cambios en la materia y adquirir habilidades científicas en un ambiente que imita un entorno científico profesional (American Chemical Society, 2018). Las actividades prácticas en general, y especialmente las actividades abiertas, allanan el camino para satisfacer las necesidades mentales y los intereses científicos de los estudiantes, pues generan nuevos problemas científicos y preguntas para la exploración y el descubrimiento (*The Royal Society of Chemistry*, 2021).

Rojas (2024) sostiene que la enseñanza de las Ciencias Naturales debe centrarse en una exposición clara, ordenada y lógica de los resultados teóricos y experimentales del área, promoviendo la participación activa del estudiantado bajo la orientación del docente. En este proceso, se reconoce la coexistencia de dos tipos de lenguaje: uno naturalizado, que emplea términos cotidianos y accesibles, y otro formal, caracterizado por el uso de fórmulas, símbolos y conceptos propios del ámbito científico. Para facilitar la comprensión, se recomienda iniciar la enseñanza a través del lenguaje común, e ir introduciendo progresivamente el lenguaje especializado de la ciencia.

El papel del docente, en este sentido, es clave: debe implementar estrategias que permitan al estudiante transitar desde el conocimiento cotidiano hacia la apropiación del lenguaje científico y tecnológico. Sin embargo, el objetivo último no es que los estudiantes dominen únicamente la simbología científica, sino que desarrollen habilidades propias del pensamiento científico: observar, analizar, relacionar conceptos, formular hipótesis y experimentar. En definitiva, se trata de construir un puente entre el mundo cotidiano y el pensamiento abstracto, propiciando una comprensión profunda de los fenómenos naturales mediante la interacción entre teoría, lenguaje y práctica científica (Rojas, 2024).

Al vincular los experimentos de química con los procesos industriales, los estudiantes ven la relevancia de lo aprendido en clase, comprenden cómo las reacciones químicas impactan la vida cotidiana, desde la manufactura hasta la sostenibilidad ambiental (Elliot *et al.*, 2008) y enseñan a los estudiantes protocolos de seguridad, evaluación de riesgos y manipulación adecuada de productos químicos. El laboratorio debe estar organizado de forma que la instrucción y las habilidades prácticas se puedan practicar de forma segura y eficaz. Todos los laboratorios deben estar equipados con el equipo de seguridad esencial (American Chemical Society, 2018).

Las actividades de laboratorio solo deben realizarse en un aula/laboratorio de ciencias equipado con el equipo de laboratorio y de seguridad adecuado. Las instalaciones físicas destinadas al aprendizaje de cualquier ciencia deben planificarse, construirse, organizarse y mantenerse para optimizar el aprendizaje de los estudiantes de forma segura (American Chemical Society, 2018). Esto perpetúa la idea de que la enseñanza de

laboratorio implica experiencias estudiantiles que imitan lo que hacen los químicos (Elliot et al., 2008).

El laboratorio de ciencias ayuda a los estudiantes a aprender y comprender conceptos científicos mientras que simultáneamente participan en el proceso de construcción de conocimiento haciendo ciencia, es decir, integra y combina actividades prácticas y mentales (*The Royal Society of Chemistry*, 2021).

Las actividades de laboratorio pues, se definen como experiencias de aprendizaje en las que los estudiantes interactúan con materiales y equipos para observar y comprender fenómenos y conceptos (*The Royal Society of Chemistry*, 2021). Los educadores científicos han sugerido desde hace tiempo que involucrar a los estudiantes en actividades de laboratorio de ciencias ofrece numerosos beneficios. Tobin (1990) citado en *The Royal Society of Chemistry* (2021), por ejemplo, escribió que: “Las actividades de laboratorio resultan atractivas como una forma de permitir a los estudiantes aprender con comprensión y al mismo tiempo participar en el proceso de construcción de conocimiento mediante la práctica científica” (p. 405).

El trabajo de laboratorio a menudo se considera una parte esencial de la educación en química. Hay cuatro habilidades importantes que los estudiantes adquieren durante las sesiones prácticas de laboratorio: (1) habilidades relacionadas con el aprendizaje de la química, (2) habilidades prácticas, (3) habilidades científicas y (4) habilidades generales. Además, el trabajo de laboratorio se distingue del resto del currículo en que un laboratorio es "un entorno de aprendizaje complejo, en el que los estudiantes necesitan reunir habilidades constituyentes, incluido el aprendizaje de las habilidades prácticas y los conocimientos necesarios, y aplicarlos a una tarea científica" (Chan et al., 2021).

En el contexto actual se ha ampliado esta investigación al campo de los laboratorios químicos virtuales, que han mostrado mejores resultados de aprendizaje cognitivo que los medios pasivos tradicionales. De hecho, Chan *et al.* (2021) demostraron que los laboratorios químicos virtuales muestran resultados de aprendizaje iguales o mayores que los laboratorios prácticos.

Los autores explican que los cursos prácticos de laboratorio son una parte esencial de la educación en química. Sin embargo, pueden ser costosos y consumir mucho tiempo. También requieren la presencia física del profesor y los estudiantes, así como el acceso a

laboratorios bien equipados, lo cual puede verse dificultado por el costo del equipo o el confinamiento por una pandemia. Los laboratorios químicos virtuales son herramientas digitales muy útiles en estas situaciones (Chan et al., 2021).

Los laboratorios virtuales son una de las herramientas digitales que se pueden utilizar para proporcionar aprendizaje a distancia para sesiones de laboratorio. Estos laboratorios virtuales son entornos de aprendizaje simulados por computadora que pueden variar desde simples visualizaciones 2D de experimentos de laboratorio hasta simulaciones 3D avanzadas que intentan replicar entornos de laboratorio reales. Con la reciente tecnología de realidad virtual (RV), incluso es posible sumergirse completamente en el entorno de laboratorio virtual realizando un manejo de laboratorio realista.

Algunos beneficios que pueden ofrecer los laboratorios virtuales, en comparación con los laboratorios prácticos tradicionales son un menor costo, mayor accesibilidad, ahorro de tiempo, entornos seguros y flexibilidad de aprendizaje autorregulado. Sin embargo, dependiendo de cómo se utilice el laboratorio virtual, la ausencia de otros estudiantes o tutores y la falta de la sensación de la vida real de un laboratorio pueden presentar inconvenientes de estas aplicaciones virtuales (Chan et al., 2021).

En Colombia, Rojas (2024) sostiene que el aprendizaje de la química está estrechamente vinculado a la experimentación, la formulación de preguntas, la construcción de hipótesis y la búsqueda activa de soluciones. En este proceso, el laboratorio de química cumple un papel fundamental como espacio en el que los estudiantes, guiados por el docente, aplican el método científico para comprobar la validez de principios y conceptos aprendidos en clase. A través de la observación y la participación activa en ensayos experimentales, los estudiantes pueden analizar, confirmar o refutar teorías, así como generar nuevos descubrimientos.

De acuerdo con la autora, la práctica experimental no solo fortalece el conocimiento científico, sino que también permite a los estudiantes comprender cómo se construye el saber dentro de una comunidad científica, cómo trabajan los científicos y qué factores influyen en sus descubrimientos. Esta experiencia favorece el aprendizaje significativo al confrontar los conocimientos previos con la realidad, promover el cuestionamiento y estimular el desarrollo de habilidades conceptuales, procedimentales y actitudinales.

En este contexto, los laboratorios virtuales se presentan como herramientas digitales que reproducen el componente práctico de la enseñanza de la química mediante el uso de tecnologías como entornos virtuales, simuladores, realidad virtual y realidad aumentada. Estas alternativas permiten que los estudiantes accedan a experiencias experimentales interactivas, incluso fuera del laboratorio físico, manteniendo los principios de observación, indagación y construcción del conocimiento científico (Rojas, 2024). La necesidad de mejorar la infraestructura técnica y tecnológica, así como de integrar efectivamente las TIC en los procesos educativos, ha impulsado a docentes e instituciones a incorporar laboratorios virtuales de química (LVQ) como alternativa al laboratorio físico tradicional. Esta tendencia se ha intensificado en los últimos cinco años, como respuesta a contextos educativos que carecen de instalaciones adecuadas, especialmente en zonas vulnerables.

En el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) propuestos por la Agenda 2030 de la ONU, específicamente el ODS 4 sobre educación de calidad, el uso de tecnologías digitales representa una estrategia clave para ampliar el acceso, reducir desigualdades y fomentar la innovación educativa. La virtualidad, en este sentido, ha permitido que diversas comunidades alrededor del mundo puedan participar en propuestas educativas adaptadas a sus necesidades.

La enseñanza de la química, caracterizada por su componente experimental y abstracto, suele ser percibida como una asignatura compleja. Por ello, es fundamental introducir innovaciones pedagógicas que integren el componente práctico, incluso cuando no se cuenta con laboratorios físicos. En este contexto, diversas investigaciones han evidenciado que los LVQ no solo mejoran la comprensión conceptual, sino que también reducen la ansiedad, el estrés y aumentan la motivación del estudiantado.

La pandemia por COVID-19 acentuó esta necesidad, al generar el cierre de instituciones educativas y afectar al 87,9% de los estudiantes a nivel mundial. Esto llevó a una expansión significativa de entornos virtuales de aprendizaje, incluyendo simulaciones, realidad aumentada y otras herramientas TIC aplicadas a la enseñanza de las ciencias. Uno de los principales beneficios de los LVQ es que proporcionan seguridad y flexibilidad en la práctica experimental. Al tratarse de una asignatura que implica el uso de reactivos e instrumentos delicados o peligrosos, la virtualidad ofrece un entorno libre

de riesgos para el ensayo y el error. Además, permite una preparación previa a la práctica presencial, optimizando recursos y reduciendo el desperdicio de materiales. Desde el punto de vista económico, la educación en laboratorios físicos representa una inversión significativa en equipos, mantenimiento y personal. En cambio, los laboratorios virtuales se configuran como una opción más asequible, que amplía el rango de experimentos disponibles sin los costos asociados al entorno físico. Incluso en instituciones que ya cuentan con laboratorios presenciales, los LVQ pueden utilizarse como apoyo didáctico complementario para el entrenamiento previo del estudiantado.

2.3 Marco Conceptual

Los conceptos clave que enmarcan esta investigación son el concepto de enlace químico, el aprendizaje significativo y el modelo didáctico.

2.3.1 Enlace Químico

La Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC) afirma que:

existe un enlace químico entre dos átomos o grupos de átomos en el caso de que las fuerzas que actúan entre ellos sean tales que conduzcan a la formación de un agregado con suficiente estabilidad para que sea conveniente para el químico considerarlo como una 'especie molecular' independiente (IUPAC, 1997, como se citó en Constable y Housecroft, 2020, p. 1).

El enlace químico representa un pilar epistemológico en la química, definido como la fuerza atractiva que une átomos en moléculas o compuestos mediante la redistribución o compartición de electrones de valencia, lo que genera estabilidad termodinámica y explica fenómenos macroscópicos como la conductividad o la solubilidad (IUPAC, 1997). Sin embargo, esta conceptualización, aunque precisa, revela limitaciones pedagógicas inherentes: su naturaleza abstracta y submicroscópica a menudo genera concepciones alternativas en los estudiantes, como la confusión entre enlaces iónicos y covalentes, o la percepción errónea de los electrones como entidades estáticas, lo que evidencia la necesidad de superar enfoques tradicionales centrados en la memorización (Medina, 2023). En este contexto, el concepto orienta directamente el diseño del modelo

didáctico propuesto en esta tesis, que integra TIC como simuladores interactivos y prácticas experimentales para desmitificar las interacciones electrónicas, fomentando un aprendizaje significativo y contextualizado en estudiantes de noveno grado, alineado con la transformación educativa hacia entornos activos y tecnológicos.

2.3.2 Aprendizaje Significativo

El aprendizaje significativo es un proceso educativo en el que los estudiantes construyen activamente nuevos conocimientos a partir de la relación entre la información nueva y los saberes que ya poseen. Este tipo de aprendizaje implica comprensión profunda, utilidad y permanencia del conocimiento, ya que no se limita a la simple memorización de datos, sino que promueve la transformación de las estructuras cognitivas del estudiante (Segarra et al., 2023).

En este sentido, el aprendizaje significativo sirve de base para el diseño de estrategias didácticas innovadoras en la enseñanza del enlace químico, donde el docente puede fomentar conexiones entre los conceptos abstractos y las experiencias previas de los estudiantes mediante actividades que integren prácticas de laboratorio, uso de modelos moleculares, simulaciones digitales o análisis de problemas reales; tales enfoques no sólo facilitan una construcción activa del conocimiento, sino que también fortalecen la motivación, el pensamiento crítico y una formación más humana e integral, reconociendo que el aprendizaje trasciende la acumulación de información para impulsar una comprensión activa del mundo y la participación informada en él.

2.3.4 Modelo Didáctico

Un modelo didáctico es una estructura teórica y metodológica que guía el proceso de enseñanza-aprendizaje, permitiendo organizar de forma sistemática los objetivos, contenidos, metodologías, recursos y formas de evaluación que se utilizarán en el aula. Su propósito fundamental es facilitar la construcción de aprendizajes significativos y contextualizados, al tiempo que promueve la reflexión crítica sobre la práctica educativa (Hernández y Herrera, 2023).

En el ámbito de la enseñanza de la química, especialmente en el abordaje de conceptos abstractos como el enlace químico, el modelo didáctico cobra especial relevancia, ya que actúa como mediador entre el conocimiento disciplinar y las experiencias previas de los estudiantes. Gracias a esta mediación, el docente puede estructurar actividades que favorezcan el desarrollo del pensamiento científico, el uso de representaciones apropiadas y la participación activa del alumnado.

Desde un enfoque actual, los modelos didácticos se nutren de principios pedagógicos contemporáneos como el aprendizaje significativo, la metacognición, el uso de tecnologías educativas, la experimentación, y la integración de saberes a través de enfoques interdisciplinarios (Hernández y Herrera, 2023).

2.3.5 Estrategias Didácticas

El concepto de enlace químico es esencial para comprender las propiedades físicas y químicas de las sustancias. A partir de este conocimiento se pueden explicar diversos fenómenos como las reacciones químicas en el cuerpo humano, la dureza de los materiales o su conductividad eléctrica. Además, este concepto sirve como base para el desarrollo de otros temas fundamentales en química, tales como entalpía de enlace, equilibrio químico, cinética, estructuras de resonancia y mecanismos de reacción. No obstante, múltiples investigaciones han evidenciado la persistencia de concepciones alternativas o ideas erróneas en estudiantes de distintos niveles educativos respecto al tema del enlace químico.

Estas dificultades conceptuales pueden obstaculizar el aprendizaje significativo de los contenidos relacionados e incluyen confusión entre enlace iónico y covalente, uso de conceptos antropomórficos para describir átomos, aplicación indiscriminada de la regla del octeto como explicación universal, concepciones equivocadas sobre la geometría molecular y la polaridad, interpretaciones erróneas sobre las energías involucradas en la formación y ruptura de enlaces, y representaciones inadecuadas de los tipos de enlace. A estas dificultades se suma la incapacidad de conectar el conocimiento con los tres niveles de representación de la química: el nivel macroscópico (observable), el microscópico (partículas) y el simbólico o representacional (modelos, fórmulas).

Las concepciones alternativas son ideas que se alejan de los marcos aceptados por la comunidad científica y, por lo tanto, representan un obstáculo importante en la comprensión de los fenómenos químicos. No obstante, la identificación de estas barreras por parte del docente puede transformarse en una oportunidad pedagógica. Reconocer las ideas previas y los errores conceptuales abre la posibilidad de diseñar estrategias didácticas específicas que faciliten la reconstrucción conceptual y promuevan un aprendizaje más sólido y significativo (dos Santos y Fernández, 2014).

Las estrategias didácticas constituyen un conjunto estructurado de métodos y técnicas que docentes y estudiantes emplean de forma consciente para alcanzar los objetivos del proceso de enseñanza-aprendizaje. Estas estrategias no solo facilitan la adquisición de contenidos específicos, sino que también promueven el desarrollo del pensamiento crítico y creativo del estudiantado. Además, permiten al docente guiar el proceso pedagógico, definiendo los pasos que deben seguir los estudiantes para construir activamente su conocimiento. Esto facilita una mejor adaptación a los contenidos y procedimientos establecidos en el currículo, especialmente cuando se requiere un trabajo sostenido a lo largo del tiempo (Rojas, 2024).

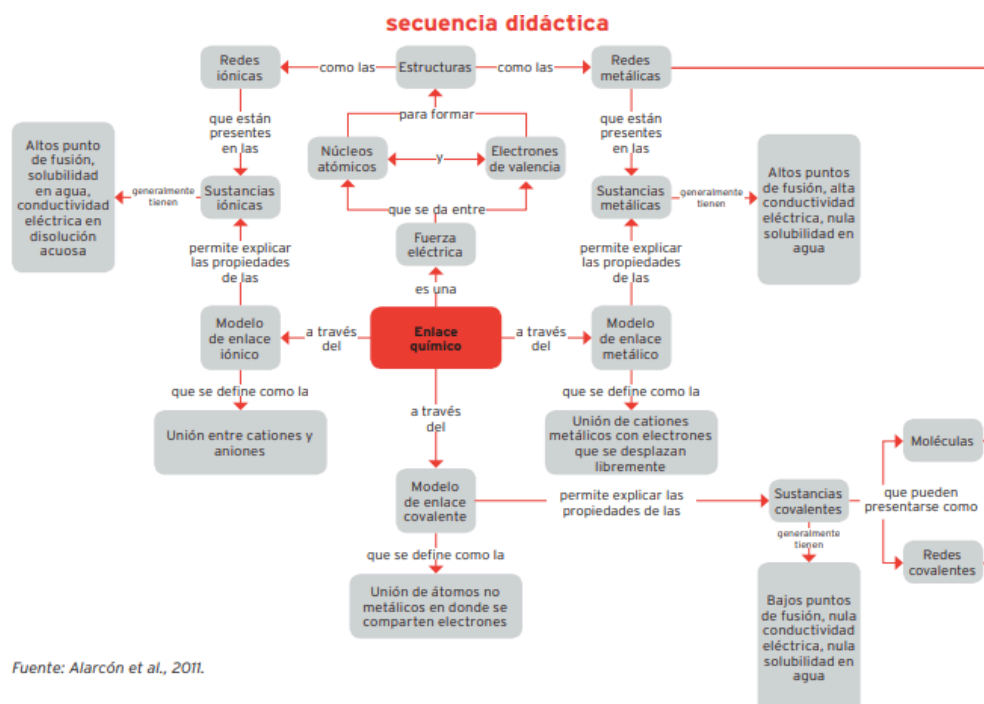
Desde una perspectiva didáctica, enseñar implica reflexionar y comprender los contenidos para generar nuevos aprendizajes. En el área de Ciencias Naturales, particularmente Química, se reconocen diversos enfoques de enseñanza, entre ellos, el modelo por transmisión-recepción, el modelo por descubrimiento, el modelo por cambio conceptual, y el modelo por investigación. Asimismo, entre las estrategias de aprendizaje más utilizadas en esta área se encuentran el aprendizaje basado en proyectos, el aprendizaje a partir de representaciones gráficas (como mapas mentales y conceptuales) y el estudio de casos (Rojas, 2024).

El propósito fundamental de estas estrategias es favorecer la comprensión de nuevos conceptos, estimulando la construcción activa del conocimiento. Además, permiten que las experiencias de aprendizaje sirvan como base para la transferencia de saberes disciplinares a otros contextos y áreas del conocimiento (Rojas, 2024).

En el contexto del aprendizaje del enlace químico, Sánchez et al. (2015, p. 41) propuso una secuencia didáctica como alternativa al modelo tradicional (véase figura 3).

Figura 3

Secuencia didáctica para el aprendizaje del enlace químico.



Fuente. Adaptado de Sánchez et al. (2015, p. 42).

Los resultados obtenidos por el grupo experimental con la aplicación de esta secuencia fueron significativamente más positivos que los del grupo de control, lo cual puede atribuirse a la estructuración cuidadosa de la secuencia didáctica implementada, valga la redundancia. Esta fue diseñada teniendo en cuenta que el aprendizaje de contenidos científicos requiere no solo de la transmisión de información, sino de la transformación activa de las representaciones previas del estudiantado. Para ello, se integraron representaciones múltiples organizadas en tres niveles fundamentales: macroscópico, nanoscópico y simbólico (Sánchez et al., 2015).

Este enfoque pedagógico permitió la incorporación efectiva de recursos digitales, en especial aquellos que ofrecen visualizaciones gráficas en tiempo real, simuladores interactivos, registros digitales de datos y actividades en formato audiovisual. Además, se promovieron procesos de comunicación paralela al desarrollo experimental, facilitando la articulación entre representación, reflexión y acción. La mejora en la claridad conceptual observada en los estudiantes evidencia el potencial de las

tecnologías digitales cuando se utilizan dentro de un marco educativo que favorece la reconstrucción conceptual (Sánchez *et al.*, 2015).

Particularmente, se destacan sus aportes en la generación de representaciones múltiples, el trabajo colaborativo y la argumentación científica durante las actividades prácticas.

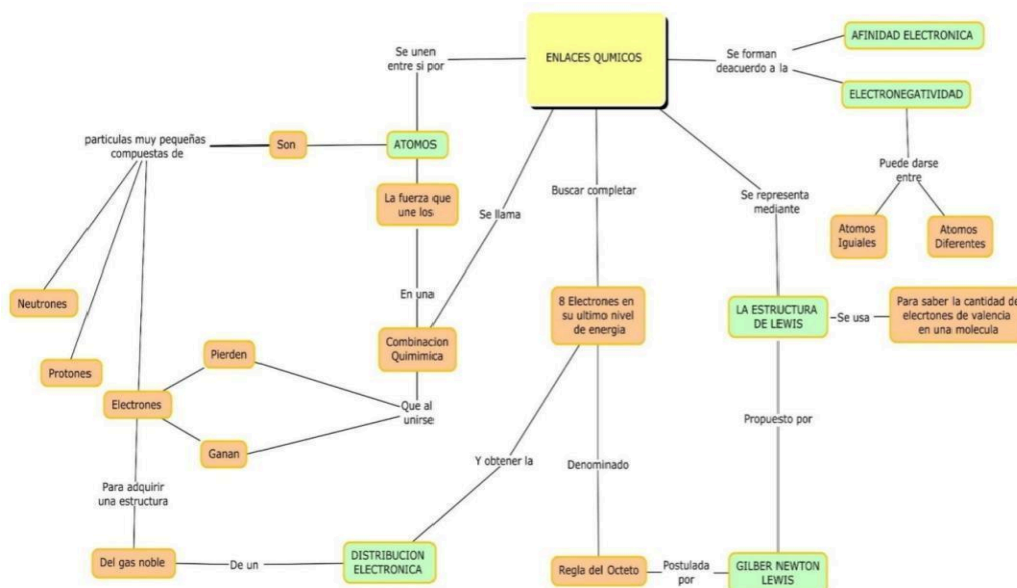
No obstante, se reconoce que es necesario avanzar hacia nuevas acciones complementarias, tales como una mejor preparación docente en el uso pedagógico de las TIC y una comprensión más profunda de los procesos de aprendizaje implicados. Esto permitiría diseñar secuencias didácticas más eficaces para guiar la transformación conceptual de los estudiantes (Sánchez *et al.*, 2015).

También se subraya la necesidad de futuras investigaciones que identifiquen con mayor precisión qué aspectos de propuestas como esta tienen mayor impacto en el aprendizaje. Aun así, los resultados alcanzados demuestran que, en contextos escolares enriquecidos tecnológicamente, es posible lograr avances significativos cuando existe una articulación efectiva entre recursos digitales y procesos pedagógicos bien estructurados (Sánchez *et al.*, 2015).

Serna (2020, p. 4) también propuso un modelo de secuencia didáctica en la materia (véase figura 4).

Figura 4

Secuencia didáctica para el aprendizaje del enlace químico.



Fuente: Serna (2020, p. 27).

La investigación de Serna (2020) ilustra el potencial de las secuencias didácticas mediadas por TIC para superar obstáculos epistemológicos en entornos rurales, mediante un enfoque que integra diagnósticos iniciales de saberes previos con actividades interactivas y evaluaciones formativas. Esta aproximación no solo eleva la comprensión conceptual del enlace químico, sino que también fomenta la motivación y la actitud positiva hacia la química, ofreciendo un marco adaptable que respalda la integración de recursos tecnológicos en modelos activos y experienciales, como el propuesto en esta tesis, para contextos educativos con limitaciones de infraestructura.

2.4 Marco Contextual

Esta investigación se contextualiza en el marco de la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac, ubicada en Colombia, en el Municipio de Villamaría, Departamento de Caldas, un entorno educativo con una tradición centenaria que enfatiza la formación integral, el compromiso comunitario y la adaptación a desafíos pedagógicos, lo cual facilita la implementación de modelos didácticos innovadores como el propuesto para la enseñanza del enlace químico mediante TIC y enfoques experienciales activos. La historia de la institución inicia en 1910, cuando fue nombrada como directora la señorita Ángela Gutiérrez, en homenaje a su rol pionero como la primera normalista del municipio. En 1958, la dirección fue asumida por las Hermanas Vicentinas, momento en que adoptó el nombre de Escuela Santa Luisa de Marillac en honor a la fundadora de las Hijas de la Caridad de San Vicente de Paúl.

En 1973, la escuela se trasladó a una nueva sede construida por el ICCE, ubicada en la calle 5 entre carreras 3ª y 4ª. Dos años después, en 1975, se implementó la doble jornada debido al crecimiento de la matrícula, y en 1977 se inauguraron dos grados del nivel preescolar. Durante la década de 1980, se fortaleció la organización institucional. En 1985 se creó la Asociación de Padres de Familia y en 1986 se le otorgó personería jurídica mediante la Resolución No. 3135 del 6 de agosto. Ese mismo año, ante el aumento del alumnado, se formalizó la doble jornada con sus respectivas directoras (PEI, 2024).

La escuela comenzó a recibir reconocimientos por su labor educativa. En 1988, la Gobernación de Caldas otorgó una mención de honor por sus 35 años de servicio. En 1990, Sor Trinidad Ávila A. fue galardonada con la medalla Francisco José de Caldas como mejor directora del municipio, y la estudiante Angélica Álvarez Naranjo recibió la misma distinción por su rendimiento académico. En 1996, la institución fue premiada con \$10 millones como mejor establecimiento del Núcleo No. 12, inversión destinada a equipos de informática y material didáctico. En 1998, por solicitud de la comunidad educativa, se inició la básica secundaria con el grado sexto.

En 2001, mediante la Resolución No. 2394 del 19 de septiembre, se fusionaron las jornadas en una sola administración. En octubre del mismo año, la Resolución No. 02561 autorizó el cambio de nombre a Institución Educativa Santa Luisa de Marillac. Desde entonces, la institución ha desempeñado un papel clave en el desarrollo municipal, destacándose por proyectos humanísticos como el de Formación de Conciliadores Escolares, reconocido a nivel local, departamental y nacional. En 2005, Sor Aura Lucía Naspirán Jojoa fue reemplazada por Sor María Cristina Trejos Motato como rectora (PEI, 2024).

En 2006, se recibió la visita de la Secretaría de Educación Departamental para aprobar la educación media, y ese mismo año se graduó la primera promoción de bachilleres, con altos puntajes en las pruebas ICFES. Además, se firmó un convenio con el CASD para ofrecer formación técnica en áreas como salud, ecología y electrónica, que comenzó a implementarse en 2007 y 2008. En 2008, la institución estableció una alianza con el SENA en mantenimiento y ensamble de computadores. En noviembre, se graduó la primera cohorte técnica gracias al convenio con el CASD. En 2009, se introdujo el programa técnico en comercio con el SENA, y en 2010, se graduó la primera promoción técnica del área de sistemas. Ese año se establecieron los niveles educativos por jornada: en la mañana, transición, básica secundaria y media; y en la tarde, transición y básica primaria.

En 2011, además de continuar el programa de sistemas con el SENA, se graduó la primera promoción técnica en comercio. En 2012, Tatiana Arias representó a la institución en Paraguay con el proyecto de investigación Más allá de las plantas. En el ámbito deportivo, las estudiantes se han destacado especialmente en voleibol. Ese año

también se recibió la visita del presidente Juan Manuel Santos, quien inauguró el proyecto Caldas Vive Digital. Durante 2012, se promovió el proyecto ambiental Mundo Vivo, el cual fue seleccionado para participar en una feria internacional de ciencia y tecnología (PEI, 2024).

En 2013, se lanzó el proyecto Prensa Escuela, fomentando la expresión estudiantil, y se consolidó la participación del proyecto de conciliación escolar a nivel nacional e internacional. En 2015, este último obtuvo el primer lugar en el área de resolución de conflictos y se participó en los Juegos Supérate Departamentales. En 2019, la institución se convirtió en mixta, admitiendo estudiantes varones. Ese mismo año, Sor María Cristina Trejos fue reemplazada por Sor Amparo Téllez, y se realizó una reestructuración del equipo de coordinación conforme a directrices de la Secretaría de Educación.

El 2020 marcó un hito con la llegada de la pandemia de COVID-19. La rectora Sor Amparo Téllez fue sustituida por la Magíster Gloria Amparo Wheeler Arcila. Ante la emergencia sanitaria, se implementaron nuevas estrategias educativas basadas en talleres, recursos tecnológicos y comunicación remota. En 2021, bajo el esquema de alternancia promovido por el Ministerio de Educación Nacional, se ofreció a los estudiantes la posibilidad de asistir a clases presenciales o continuar desde casa. La institución dio continuidad a las estrategias pedagógicas iniciadas durante la pandemia. Actualmente, la institución cumple con todos los requerimientos legales para ofrecer los niveles de preescolar, básica y media en ambos ciclos. También mantiene convenios con la Universidad de Caldas, que envía estudiantes en formación para realizar prácticas profesionales. Las estudiantes de 10° y 11° cumplen su labor social a través de actividades de recreación, bienestar estudiantil y lúdica, fortaleciendo así la proyección comunitaria e institucional (PEI, 2024).

2.5 Marco Legal y Normativo

El marco legal y normativo que respalda esta investigación proporciona una base sólida para el diseño e implementación de un modelo didáctico activo experiencial basado en TIC, alineando sus objetivos con la promoción de aprendizajes significativos en ciencias

naturales y la integración tecnológica en contextos educativos como el de la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac. Este marco se organiza en tres apartados principales: las normativas nacionales en educación, que enfatizan la enseñanza contextualizada y el desarrollo de competencias científicas; las políticas sobre innovación educativa y TIC, orientadas a fomentar prácticas pedagógicas innovadoras y el uso de herramientas digitales para superar limitaciones tradicionales; y las normativas institucionales, centradas en el Proyecto Educativo Institucional de la institución mencionada, que prioriza la adaptación de estrategias didácticas a las necesidades locales para transformar el aprendizaje del enlace químico.

2.5.1 Normativas Nacionales en Educación

2.5.1.1 Ley 115 de 1994 - Ley General de Educación.

Esta ley propone que la educación se concibe como un proceso formativo permanente, que abarca el desarrollo personal, cultural y social del ser humano. Esta se basa en una visión integral de la persona, reconociendo su dignidad, derechos y deberes, y tiene como propósito central contribuir al pleno desarrollo de cada individuo dentro de una sociedad democrática y pluralista (Congreso de Colombia, 1994, art. 1).

En el artículo 30, de los objetivos específicos de la educación media académica, la Ley sostiene que éstos se orientan a consolidar y ampliar la formación integral del estudiante mediante finalidades que incluyen la profundización del conocimiento, ya que se busca que el estudiante pueda avanzar en un campo específico del saber o en una actividad concreta, de acuerdo con sus intereses, capacidades y potencialidades. Asimismo, el fortalecimiento de las ciencias naturales, ya que se promueve el estudio avanzado de las ciencias naturales, incentivando una comprensión más profunda de sus fundamentos y aplicaciones.

También la incorporación de la investigación, pues la investigación se integra al proceso de aprendizaje, abarcando tanto el trabajo de laboratorio como el análisis de la realidad nacional en sus dimensiones natural, económica, política y social. Y, el desarrollo del pensamiento crítico, ya que se impulsa una actitud reflexiva frente a los diversos

aspectos de la realidad, así como la comprensión y apropiación de valores éticos, morales, religiosos y de convivencia social.

De acuerdo con el artículo 67 de la Constitución Política citada en esta Ley, la educación en Colombia debe orientarse al desarrollo integral de la personalidad, incluyendo sus dimensiones físicas, psíquicas, intelectuales, morales, espirituales, sociales, afectivas, éticas y cívicas, respetando los derechos ajenos y el orden jurídico. Así como a la capacitación para la participación activa en los asuntos económicos, políticos, administrativos y culturales de la Nación. Y, la adquisición de conocimientos científicos y técnicos avanzados, junto a saberes humanísticos, históricos, sociales, geográficos y estéticos, mediante hábitos intelectuales apropiados, que a su vez supone el acceso al conocimiento y fomento de la investigación y la creatividad artística, en sus distintas expresiones.

2.5.1.2 Decreto 1860 de 1994 Sobre Organización de la Educación Básica y Media.

En su artículo 35, del desarrollo de las asignaturas, el Decreto establece que las asignaturas que conforman el plan de estudios deben ajustarse, en cuanto a contenido, intensidad horaria y duración, a lo establecido en el Proyecto Educativo Institucional (PEI). Esta organización debe estar en concordancia con los lineamientos del Decreto correspondiente y las orientaciones del Ministerio de Educación Nacional.

Durante su desarrollo, se deben aplicar estrategias pedagógicas activas y vivenciales, que favorezcan el aprendizaje significativo. Estas pueden incluir exposiciones orales, observación directa, prácticas experimentales y de laboratorio, talleres de trabajo, uso de herramientas de informática educativa, estudio personal, entre otros métodos. El objetivo es fortalecer las capacidades cognitivas, así como estimular el pensamiento crítico, reflexivo y analítico de los estudiantes.

En su artículo 36, por otra parte, de los proyectos pedagógicos, sostiene que estos forman parte del plan de estudios y constituyen actividades planificadas que permiten al estudiante enfrentar y resolver problemas de la vida cotidiana, seleccionados por su vínculo con el contexto social, cultural, científico o tecnológico del entorno. Estos proyectos cumplen la función de correlacionar e integrar conocimientos, habilidades,

actitudes y valores adquiridos en distintas áreas; aplicar la experiencia acumulada por los estudiantes; promover aprendizajes activos y significativos.

Asimismo, los proyectos pueden orientarse a diseñar y elaborar productos, utilizar materiales o equipos específicos, dominar técnicas o tecnologías, resolver casos vinculados a la realidad académica, social, política o económica, desarrollar intereses personales que impulsen el espíritu investigativo, o bien cumplir otros propósitos que se alineen con los objetivos del PEI. La intensidad horaria y duración de estos proyectos será definida en el plan de estudios de cada institución (Presidencia de la República de Colombia, 1994).

2.5.1.3 Lineamientos Curriculares de Ciencias Naturales.

El conocimiento humano se manifiesta en distintas formas, entre ellas el conocimiento común, el científico y el tecnológico. Aunque comparten características esenciales, se diferencian por los fines que persiguen y los métodos utilizados para su construcción. Existe la falsa creencia de que la ciencia y la tecnología son campos reservados para personas privilegiadas. Sin embargo, esto no es cierto: ambas actividades son tan humanas y accesibles como el arte o la agricultura. A lo largo de la historia, las sociedades han producido explicaciones válidas sobre el mundo físico, biológico, psíquico y social. Estas ideas, interrelacionadas lógicamente, han dado origen a teorías, sistemas estructurados de conocimiento que han permitido a la humanidad comprender mejor su entorno.

Este proceso de construcción del conocimiento implica la observación rigurosa, el pensamiento disciplinado, la imaginación, la experimentación, el debate crítico y, fundamentalmente, la honestidad, la humildad y la búsqueda de la verdad.

Aunque el punto de partida suele ser el conocimiento común, este es sometido al rigor metodológico propio de la comunidad científica, lo cual le otorga al conocimiento científico propiedades diferenciadoras, pero no lo convierte en una forma inalcanzable. La ciencia y la tecnología, en esencia, son actividades humanas, y quienes las ejercen no son necesariamente individuos excepcionales.

Las formas de conocimiento comparten tres características esenciales: implican representaciones mentales (lingüísticas, visuales, auditivas, kinestésicas) de lo que se conoce; se desarrollan dentro de un contexto social; poseen un valor adaptativo, ya sea físico, social o individual. La principal diferencia entre el conocimiento común y el conocimiento científico-tecnológico, por otra parte, radica en la intención teórica. Mientras que el conocimiento común se conforma con saber “qué ocurre” (por ejemplo, que el sol puede causar cáncer en la piel), el científico y el tecnológico buscan explicar por qué sucede y cómo se relaciona con otros fenómenos. No se limitan a aceptar una respuesta, sino que investigan más a fondo, plantean nuevas preguntas, y procuran integrar los hallazgos en una teoría general que permita comprender múltiples relaciones y formular principios que orienten la acción o la intervención práctica.

El conocimiento científico y el tecnológico pueden considerarse productos sociales, ya que surgen y se desarrollan colectivamente dentro de comunidades especializadas. En cambio, el conocimiento común se manifiesta como un evento más bien individual, propio de la experiencia cotidiana de las personas.

El conocimiento científico y tecnológico se materializan en referentes tangibles: libros, revistas, artículos científicos, correspondencia académica, dispositivos técnicos y procedimientos prácticos para la resolución de problemas. Además, circula de manera sistemática e institucionalizada a través de medios escritos y encuentros académicos como seminarios, simposios y congresos. No obstante, estos productos deben entenderse como provisionales y en constante evolución, ya que se modifican y perfeccionan continuamente mediante la interacción dentro de la comunidad científica o tecnológica. Por su parte, el conocimiento común también se transmite y se comparte, pero lo hace de forma menos estructurada y sin mecanismos explícitos de actualización permanente. Sus productos no son tan definidos ni su circulación es tan organizada. Lo más relevante es que el conocimiento común no se perfecciona intencionalmente ni responde a una dinámica de mejora continua, a diferencia del conocimiento científico y tecnológico, cuya razón de ser es justamente el perfeccionamiento constante de sus productos. En este marco, la escuela contemporánea se concibe desde una nueva perspectiva pedagógica, alineada con las transformaciones que atraviesa la educación. Esta visión reconoce que la escuela no es solo una infraestructura física, sino ante todo una

comunidad educativa integrada por estudiantes, docentes, familias, directivos y otros actores, todos inmersos en un entorno social más amplio y regulado por normas establecidas colectivamente.

La escuela debe concebirse pues, como un espacio vital de aprendizaje y convivencia, donde se aprende, se enseña, se crea, se juega, se dialoga y se comparte la experiencia. Es también un lugar para mirar el mundo a través de los otros: de los niños, los docentes, las familias, los libros y la comunidad.

Enfrentar la realidad sociocultural actual implica que la escuela cuestione los resultados de las tendencias epistemológicas y pedagógicas utilizadas hasta el momento, especialmente en relación con el desarrollo cognitivo, afectivo y cultural de los estudiantes. Ante estos desafíos, deben surgir nuevas alternativas pedagógicas que respondan a los cambios sociales permanentes.

Tales alternativas podrían nutrirse tanto de las investigaciones educativas en el campo cognitivo, pedagógico y social, como de las experiencias vividas en la cotidianidad. En este contexto, el pensamiento cultural que emerge del cruce entre saberes disciplinares y conocimientos cotidianos (costumbres, hábitos, valores ciudadanos, folclore) debe orientar el quehacer escolar.

Uno de los principales señalamientos críticos hacia la escuela es su aislamiento de la comunidad, con códigos y significados que muchas veces se distancian de las formas reales en que se construyen saberes, valores y comportamientos en la vida cotidiana. Por ello, y en consonancia con los debates actuales sobre las políticas sociales y educativas del país, se hace urgente reformular la estructura curricular de las ciencias naturales, de modo que responda a las nuevas condiciones y transformaciones tanto a nivel nacional como internacional. Esta renovación requiere una propuesta curricular que integre diversos aspectos del proceso de enseñanza y aprendizaje, ajustada al contexto cambiante del país y del mundo.

Cuando un niño se enfrenta a un fenómeno o problema desconocido, lo hace desde la estructura de conocimientos previos que ha construido hasta ese momento. Al igual que un adulto, su interpretación de lo nuevo está mediada por un sistema de ideas interrelacionadas que le ofrecen una lógica interna de comprensión. Esta base de conocimientos no solo le proporciona un marco para entender lo que ocurre, sino que

también genera expectativas sobre lo que puede suceder. Guiado por esas expectativas, el niño formula hipótesis y anticipa posibles resultados o cambios. Por ejemplo, puede suponer que, si realiza una acción determinada, obtendrá un resultado específico u observará ciertos efectos en un plazo concreto.

Así, tanto en la infancia como en la adultez, el aprendizaje de lo nuevo está condicionado por lo ya aprendido, y la exploración del entorno se da mediante la formulación anticipada de sentidos, que orienta la acción y la observación. Aunque la pedagogía ha sido comprendida de diferentes maneras según el enfoque histórico, cultural o teórico desde el cual se la aborde, una primera perspectiva sitúa su origen en un proceso histórico y comunitario: a medida que las sociedades evolucionaban, surgió la necesidad de transmitir saberes, valores, creencias, tradiciones y oficios a las nuevas generaciones.

Con el tiempo, estas prácticas educativas se fueron sistematizando, dando lugar a la conformación de un cuerpo teórico que no solo describe, sino que también orienta y fundamenta la práctica educativa. Así, la pedagogía emerge como una disciplina del conocimiento que acompaña y reflexiona sobre el acto de educar. Desde otro enfoque, la pedagogía se concibe como un conjunto de enunciados que dan sentido al quehacer educativo, ya sea mediante una lectura hermenéutica, que reconstruye el horizonte cultural desde el cual ese quehacer cobra significado, o desde una perspectiva teleológica, centrada en los fines que guían la acción educativa.

Una tercera visión considera la pedagogía como el resultado de reflexiones críticas sobre la práctica educativa, entendida esta como práctica pedagógica. No obstante, algunos autores advierten que la pedagogía no debe confundirse con la práctica en sí, sino que debe entenderse como un saber teórico-práctico, elaborado por los pedagogos a partir de la reflexión personal y colectiva sobre su experiencia docente, y nutrido por los aportes de otras disciplinas y prácticas que se entrecruzan con la labor educativa. En este sentido, la mejora en la calidad de la enseñanza de las ciencias naturales depende en gran medida del compromiso genuino del docente, quien cumple un rol esencial dentro de la comunidad educativa (Ministerio de Educación Nacional, 1998).

2.5.1.4 Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales.

Este documento propone que el desarrollo de las competencias básicas en ciencias naturales y sociales no solo implica la adquisición de conocimientos, sino también el cultivo de actitudes esenciales que fortalezcan el pensamiento científico y crítico. En este sentido, los estándares educativos buscan fomentar en los estudiantes curiosidad intelectual, como motor para la exploración y el aprendizaje continuo; honestidad en la recolección y validación de datos, garantizando la integridad del proceso investigativo; flexibilidad cognitiva, para adaptarse a nuevas ideas y puntos de vista, persistencia, frente a los desafíos que plantea la indagación científica, espíritu crítico y apertura mental, como base para el análisis riguroso y el diálogo constructivo.

Asimismo, tolerancia a la incertidumbre, reconociendo el carácter provisional y revisable del conocimiento científico, capacidad de reflexión histórica, para comprender la evolución del conocimiento desde el pasado, analizar el presente y proyectar el futuro, valoración crítica de los impactos científicos, promoviendo una actitud responsable frente a los avances y sus consecuencias, y colaboración y trabajo en equipo, fundamentales en la práctica científica y en la construcción colectiva del saber.

Se busca con esto que estudiantes, maestros y maestras se aproximen al estudio de las ciencias como lo hacen los científicos, es decir, mediante un enfoque investigativo que parte de la observación del entorno, de la curiosidad natural y de la capacidad de formular preguntas, conjeturas o hipótesis. Este proceso es común a todo científico y se basa en una actitud activa frente al conocimiento, en la cual el análisis de lo que se observa se convierte en punto de partida para nuevas comprensiones.

A medida que los niños, niñas y jóvenes avanzan en el aprendizaje de las ciencias, sus preguntas y planteamientos se vuelven más complejos, ya que se apoyan en conocimientos previos más amplios y establecen conexiones entre conceptos provenientes de distintas disciplinas. Este crecimiento intelectual enriquece su capacidad investigativa y su comprensión del mundo.

Los estándares básicos de calidad hacen hincapié en el desarrollo de competencias, sin dejar de reconocer la importancia de los contenidos temáticos. Las competencias no existen de forma aislada: para desarrollarlas se requieren saberes específicos,

habilidades, actitudes y disposiciones particulares. Cada competencia está intrínsecamente relacionada con el qué, el cómo, el para qué y el contexto del conocimiento. Por ello, el enfoque por competencias no elimina los contenidos, sino que les otorga sentido, al integrarlos de manera significativa en el proceso de aprendizaje. El objetivo final es que quienes aprenden encuentren significado en todo lo que estudian, comprendan la utilidad del conocimiento en su vida cotidiana y puedan actuar con competencia en situaciones concretas, con base en saberes integrados y contextualizados. La curiosidad natural de niños, niñas y jóvenes, así como su constante asombro y el interés espontáneo por el mundo que los rodea, constituyen el punto de partida ideal para iniciar su formación científica desde edades tempranas. Esta disposición innata los lleva a formular preguntas, explorar y buscar explicaciones, lo que debe ser aprovechado en el contexto educativo.

La institución escolar cumple un rol fundamental como espacio privilegiado para motivar, canalizar y desarrollar ese espíritu investigativo. En este sentido, la escuela puede convertirse en un auténtico “laboratorio de formación” para futuros científicos naturales y sociales. A través del interés por los seres vivos y los objetos del entorno, la escuela ofrece oportunidades para que los estudiantes observen fenómenos del mundo natural, interactúen con su entorno inmediato, recolecten información, formulen hipótesis y discutan con sus compañeros, y avancen progresivamente hacia la conceptualización, abstracción y el uso de modelos explicativos y predictivos, tanto de fenómenos observables como no observables del universo.

Del mismo modo, el interés por las personas y las organizaciones sociales permite a la escuela desarrollar competencias propias de las ciencias sociales, mediante la observación de conductas humanas y relaciones sociales, la recolección e interpretación de información sobre contextos sociales, la discusión colectiva sobre fenómenos sociales, y finalmente, el acceso a niveles más altos de comprensión a través de la conceptualización y teorización, claves para explicar la acción social del ser humano (Ministerio de Educación Nacional, 2006).

2.5.1.5 Documento Orientador Para el Fortalecimiento de Competencias en Ciencias Naturales.

En el marco del currículo orientado a la excelencia académica y la formación integral, las ciencias naturales se comprenden como un conocimiento vital y dinámico, esencial para entender cómo los seres humanos se vinculan con el mundo físico y biológico. Este conocimiento no solo influye en nuestras formas de vida, sino que también es configurado por ellas, en un proceso de interacción recíproca entre ciencia, cultura, sociedad y política. Se reconoce así que la ciencia impacta profundamente en la vida humana a través de múltiples vías, pero también que las prácticas culturales y las estructuras sociopolíticas influyen en la producción del conocimiento científico. Las orientaciones curriculares se fundamentan en la construcción de redes significativas de conocimiento, que conectan conceptos científicos con experiencias concretas; la integración de capacidades ciudadanas como eje central del currículo de ciencias, promoviendo una formación que articule el saber científico con la vida en comunidad; la ciencia como herramienta para la ciudadanía crítica. Esto se debe a que, en la sociedad actual, se espera que los ciudadanos puedan interpretar críticamente fenómenos naturales y tecnológicos; actuar de manera informada, responsable y comprometida frente a los problemas sociales; participar en la toma de decisiones fundamentadas, basadas en una comprensión profunda del mundo natural y de sus implicaciones sociales y éticas. En este marco, el contexto educativo influye directamente en el desarrollo de los procesos cognitivos, al formar parte integral del crecimiento de niños, niñas y jóvenes. Además, en el marco del Currículo para la Excelencia Académica y la Formación Integral, se han definido aprendizajes esenciales para cada ciclo educativo, con el objetivo de atender el desarrollo cognitivo, socioafectivo y físico-creativo de niños, niñas y jóvenes. Este enfoque promueve el fortalecimiento de sus potencialidades e intereses propios en cada etapa de crecimiento. Los núcleos temáticos actúan como marco referencial para el docente, permitiendo integrar contenidos específicos dentro de redes conceptuales amplias, que incluso pueden vincularse con otras áreas del conocimiento. Esto da lugar a un currículo en espiral, en el cual los contenidos se retoman y profundizan a lo largo del proceso escolar,

con niveles crecientes de complejidad, en línea con los principios del aprendizaje. Esta organización favorece la construcción de esquemas dinámicos de comprensión, que permiten al estudiante interpretar y transformar el mundo con sentido (Ministerio de Educación Nacional, 2006).

2.5.2 Políticas Sobre Innovación Educativa y TIC

El Plan Nacional Decenal de Educación 2016-2026 destaca sobre la formación integral del ciudadano y la visión educativa, que la propuesta educativa actual apunta a una formación integral de los ciudadanos colombianos, que fomente valores como el emprendimiento, la convivencia pacífica, la innovación y la investigación científica, con miras a fortalecer la participación social, personal y productiva en un contexto de respeto por las personas, las instituciones y el medio ambiente. Además, se promueve el aprovechamiento de las nuevas tecnologías en los procesos de enseñanza, aprendizaje y en la vida cotidiana.

Esta visión educativa también contempla el fortalecimiento de la resiliencia social frente a los efectos del conflicto armado y el fomento de una participación activa, crítica y consciente en redes globales y procesos de internacionalización. Destaca además, la articulación entre los distintos niveles del sistema escolar, y la integración de funciones esenciales de la educación como la investigación, la innovación y la construcción social del conocimiento.

Si bien se reconoce el avance en el funcionamiento institucional en todos los niveles, la modernización tecnológica y la flexibilización de estrategias didácticas, se señala que no se logró una actualización curricular generalizada. Los esfuerzos se han limitado a casos puntuales, como los ciclos educativos implementados en Bogotá, y aún no se ha incorporado plenamente la investigación a la práctica docente (Comisión Gestora del PNDE, 2019).

Por otra parte, la Política pública "Colombia Aprende" y "Plan Vive Digital" sostiene que los principios rectores para el desarrollo del sector digital y de telecomunicaciones están bajo el enfoque de "El mercado hasta donde sea posible, el Estado hasta donde sea necesario", y establece los siguientes lineamientos estratégicos:

- Impulsar el crecimiento del sector privado, promoviendo su participación activa en la expansión de la infraestructura y en la provisión de servicios.
- Fomentar de manera integral la oferta y la demanda de servicios digitales, con el objetivo de alcanzar una masa crítica que garantice sostenibilidad y eficiencia en el ecosistema digital.
- Eliminar barreras normativas y fiscales que dificulten el despliegue de infraestructura y la provisión de servicios de telecomunicaciones, facilitando así la inversión y la innovación.
- Enfocar la inversión pública en proyectos de capital prioritarios, donde la intervención del Estado sea indispensable para garantizar equidad, cobertura y acceso universal.
- Ejercer un rol ejemplar desde el Estado, adoptando políticas y prácticas que promuevan la digitalización y modernización de la administración pública (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, s.f.).

2.5.3 Normativas Institucionales

El Proyecto Educativo Institucional (PEI, 2024) es un instrumento clave de la política educativa que otorga autonomía a las instituciones para diseñar y planificar su propuesta pedagógica, siempre en correspondencia con los lineamientos del país. Este concepto surge en el contexto francés en 1982 como una herramienta para repensar la planeación educativa y llega a Colombia con la promulgación de la Ley 115 de 1994.

Específicamente, el artículo 73 de dicha ley y el Decreto Reglamentario 1860 del mismo año establecen su implementación obligatoria como marco estructurante del quehacer educativo.

En su evolución, el PEI ha atravesado diversos procesos de resignificación. La primera actualización se llevó a cabo el 26 de marzo de 1995, incorporando ajustes según los cambios sociales, culturales y educativos del momento. Posteriormente, en 2021, se añadió una adenda con modificaciones orientadas a responder a los efectos provocados por la pandemia de COVID-19. Entre los años 2020 y 2023, la institución ha continuado este proceso de revisión, proyectando los alcances del PEI hasta el año 2029 y

realizando un seguimiento continuo para adaptarse a las necesidades emergentes del contexto (PEI, 2024).

Uno de los componentes fundamentales del PEI es el contexto, ya que implica reconocer y responder a la realidad concreta de la comunidad educativa. Tal como lo establece el artículo 73 de la Ley General de Educación, el PEI debe atender las necesidades específicas de los estudiantes, sus familias y la comunidad local. Desde esta perspectiva, el PEI se convierte en una herramienta estratégica para abordar problemáticas sociales desde una visión educativa transformadora. En la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac, el PEI se concibe como un instrumento orientador que define los principios y objetivos fundamentales vinculados al ser, al hacer y al quehacer institucional.

Uno de los pilares del PEI es el reconocimiento de la diversidad cultural como principio ético y pedagógico. Este concepto promueve el respeto y la tolerancia hacia distintas etnias, lenguas, religiones, valores, ritmos y estilos de aprendizaje. La escuela se configura como un espacio de igualdad de oportunidades, integración social y convivencia, donde se aprende a valorar las diferencias sin jerarquías ni exclusiones. En consecuencia, se promueve un enfoque educativo centrado en la equidad y la flexibilidad curricular, que permita adaptarse a los diversos ritmos y estilos de aprendizaje de los estudiantes. La institución pues, tiene el compromiso de desarrollar estrategias que fortalezcan la formación docente y fomenten la participación activa de las familias en los procesos educativos, promoviendo un sentido de pertenencia, respeto y compromiso con el centro educativo y con cada uno de sus integrantes.

Uno de los principios en los que se enmarca el Proyecto Educativo Institucional (PEI, 2024) es el principio de transformación, que hace referencia a un proceso eminentemente cognitivo, tanto en su origen como en su desarrollo continuo. Implica la capacidad humana de cambiar, entendida como una condición inherente al ser, con repercusiones que trascienden lo individual y se proyectan hacia lo familiar y lo social. Cambiar supone atravesar límites, trasladarse, transgredir y construir nuevos sentidos. En este marco, el diseño curricular institucional se constituye como una herramienta que refleja criterios contextuales basados en el estudio de la realidad y parte de un diagnóstico para construir una propuesta formativa, la cual es posteriormente evaluada.

A través de este proceso, se implementan las políticas educativas contempladas en el Proyecto Educativo Institucional (PEI, 2024). El currículo, por tanto, orienta el quehacer académico y se caracteriza por su flexibilidad y adaptabilidad, al centrarse en el desarrollo integral del ser humano, el fortalecimiento de saberes, valores y prácticas que consolidan una identidad cultural a nivel institucional, regional y nacional. Asimismo, el diseño curricular permite evidenciar la autonomía institucional en cuanto a la organización de asignaturas, metodologías de enseñanza y planificación de actividades en función del contexto escolar. En este contexto, el currículo actúa como un puente que facilita la transferencia de valores y promueve la interacción entre la escuela y su entorno, así como entre la teoría y la práctica educativa, integrando las relaciones entre educación y sociedad.

La estructura curricular se sustenta en la normativa vigente, especialmente en la Ley General de Educación (Ley 115 de 1994), el Decreto 1075 de 2015, el Decreto 1860 de 1994, la Resolución 2393 de 1996, el Decreto 1290 de 2009, los Lineamientos Curriculares de las diferentes áreas y los Estándares Básicos de Competencias. El artículo 76 de la Ley 115 define el currículo como el conjunto de criterios, planes de estudio, programas, metodologías y procesos que contribuyen a la formación integral y a la construcción de identidades culturales en los distintos niveles (nacional, regional y local), incluyendo recursos humanos, académicos y físicos. Por su parte, el artículo 79 establece que el plan de estudios es el esquema estructurado de áreas obligatorias, fundamentales y optativas que conforman el currículo de cada institución educativa. En la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac, el currículo incluye entre otras, las áreas obligatorias de Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Además, se articulan proyectos transversales como Democracia y Paz, Educación Sexual y Ciudadanía, Aprovechamiento del Tiempo Libre y el Proyecto Ambiental Escolar. Como área optativa, se ofrece Emprendimiento. Estas áreas se imparten desde la educación básica primaria hasta la media académica. En el grado de transición, el currículo se organiza en torno a cinco dimensiones del desarrollo: afectiva, artística, cognitiva, comunicativa, corporal, espiritual y ética.

Otro principio que constituye un eje fundamental en el PEI (2014) es el principio de realidad, que implica actuar con razonamiento, es decir, comprender y actuar con sentido

frente a las situaciones que se presentan. En el ámbito educativo, este principio demanda reconocer la complejidad inherente a la realidad de cada ser humano. Dicha complejidad plantea exigencias y desafíos que requieren altos niveles de comprensión, integración y pensamiento sistémico. En este contexto, uno de los retos más significativos de los procesos educativos basados en competencias es justamente lograr que los estudiantes comprendan y asuman la realidad en toda su complejidad.

La realidad no es estática, sino dinámica: está en constante movimiento, es flexible y se transforma permanentemente. Además, posee una dimensión constructiva, ya que se configura a partir de la diversidad y de los procesos personales de desarrollo humano y aprendizaje. Esto convierte a la realidad en un atributo eminentemente personal, condicionado por la experiencia individual y social de cada sujeto. Adoptar el principio de realidad permite al ser humano formular y responder preguntas fundamentales sobre su existencia y entorno, tales como: ¿quién soy?, ¿dónde estoy?, ¿con quién convivo?, ¿de dónde provengo?, ¿hacia dónde me dirijo?, ¿qué ocurre a mi alrededor?, ¿qué sucede en el mundo?

Este principio se descompone en tres dimensiones complementarias; la realidad alterna, que se refiere a los rasgos constitutivos y únicos que definen a cada persona, permitiendo su reconocimiento individual; la realidad externa, que es aquella que se construye y transforma continuamente, ampliando las posibilidades de acción, socialización y desarrollo humano en relación con la diversidad; y la realidad universal, que abarca el mundo en su totalidad, permitiendo al sujeto situarse como parte de una red más amplia de significados y relaciones. Al asumir este principio, el estudiante vicentino se convierte en un joven competente para la vida, capaz de reconocer su entorno, aceptarse a sí mismo y proyectarse hacia los demás con conciencia crítica y compromiso social.

Finalmente, la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac en busca de una educación de calidad e incluyente, promueve experiencias significativas en la práctica educativa, fortaleciendo en los niños, niñas y adolescente el desarrollo de las competencias y consolidando aprendizajes significativos. En este marco, el proyecto “Inmersión a la NASA 2023” busca fortalecer los procesos investigativos, impactando la vida de los

jóvenes en su proceso formativo. Este proyecto está a cargo de Ángela Morales Ríos y se dirige a estudiantes de grado 9,10 y 11 (PEI, 2024).

Capítulo 3. Fundamentos Metodológicos y Resultados de Investigación.

El presente capítulo desarrolla los fundamentos metodológicos que sustentan la investigación, así como los principales hallazgos obtenidos a partir del trabajo de campo y el análisis de los datos recolectados. En esta fase se detalla el enfoque metodológico adoptado, los instrumentos empleados, la caracterización de la muestra, y los procedimientos de análisis de la información. A su vez, se presentan los resultados en correspondencia con los objetivos y la pregunta de investigación, estableciendo vínculos con los referentes teóricos y el marco contextual de la problemática abordada. Este capítulo articula, por tanto, el componente metodológico con la interpretación crítica de los hallazgos, posibilitando una visión integral del proceso investigativo.

3.1 Cuadro Operacionalización de Variables.

La operacionalización de variables es un paso fundamental en el diseño de la investigación, ya que permite transformar los conceptos teóricos en indicadores concretos, observables y medibles, asegurando la coherencia entre el marco teórico y el trabajo empírico. En esta sección, se definen las variables clave del estudio, incluyendo la variable independiente —el modelo didáctico activo experiencial basado en TIC— y la variable dependiente —la comprensión conceptual del enlace químico—, junto con sus dimensiones, indicadores y técnicas de medición (ver Tabla 1 para la operacionalización completa de las variables). Por ejemplo, para la variable dependiente, una dimensión como “comprensión de los tipos de enlaces químicos” se evalúa mediante ítems de evaluación que miden la capacidad de los estudiantes para identificar y diferenciar enlaces iónicos, covalentes y metálicos en simulaciones interactivas. Este enfoque garantiza la validez de los instrumentos diseñados y la precisión de las inferencias derivadas del análisis de los resultados.

El cuadro de operacionalización integra de manera sistemática los elementos clave del proceso investigativo, alineando la pregunta de investigación, los objetivos y la hipótesis con indicadores específicos, como la habilidad de los estudiantes para representar correctamente las interacciones atómicas en modelos 3D o simuladores digitales. Esta

estructura facilita la recolección y análisis de datos, permitiendo evaluar de forma rigurosa las dificultades cognitivas y conceptuales en la comprensión del enlace químico, al tiempo que proporciona una base sólida para la implementación de estrategias pedagógicas innovadoras.

Tabla 1

Operacionalización de Variables

Operacionalización de Variables						
Tema: Comprensión y representación de conceptos de enlace químico en estudiantes						
Pregunta de investigación	Objetivo general	Objetivos específicos	Hipótesis	Variables estudiadas	Dimensiones	Indicadores
¿Cómo se puede mejorar el proceso de aprendizaje del concepto de enlace químico en los estudiantes del grado noveno de la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac, en el Departamento de Caldas, Colombia desde septiembre (2024) a mayo (2025)?	Proponer un modelo didáctico activo experiencial con base en TIC para transformar el proceso de aprendizaje relacionado con el concepto de enlace químico en estudiantes de grado noveno de la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac, en el	1- Diagnosticar los conocimientos previos y dificultades de los estudiantes de grado noveno de la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac antes de implementar el modelo didáctico activo experiencial con base en TICs para transformar el proceso de	La implementación de un modelo didáctico activo experiencial basado en TIC mejora la comprensión conceptual y la motivación en el aprendizaje del enlace químico en estudiantes de grado noveno.	Variable independiente: Métodos de enseñanza o enfoques pedagógicos	Enfoque didáctico	-Uso de estrategias memorísticas -Incorporación de modelación y visualización -Contextualización con la vida cotidiana

	Departamento de Caldas, Colombia desde septiembre (2024) a mayo (2025)	aprendizaje relacionado con el concepto de enlace químico				<p>-Uso de representaciones gráficas</p> <p>-Aplicación de actividades experimentales</p> <p>-Integración de herramientas digitales (e.g., simulaciones).</p>
		2- Sistematizar fundamentos teóricos-pedagógicos como el aprendizaje significativo y la enseñanza por indagación, relacionados con el uso de TIC en la enseñanza del enlace químico.		<p>Variable(s) dependiente(s): Comprensión y representación del enlace químico</p>	Recursos pedagógicos	Cognitivos

						y propiedades de los elementos.
					Representaciones sensoriales	<ul style="list-style-type: none">- Sensorialización del conocimiento químico- Representación de elementos visibles para conceptos abstractos

		<p>3- Diseñar un modelo didáctico activo experiencial con base en TIC, que contribuya a la transformación de los procesos de aprendizaje del concepto enlace químico en estudiantes de grado noveno.</p> <p>4. Implementar un modelo didáctico activo experiencial con base en TIC para transformar el proceso de aprendizaje relacionado con el concepto de enlace químico en estudiantes de grado noveno de la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac</p>			<p>Conexión ciencia-vida cotidiana</p>	<p>Reconoce aplicaciones de conceptos de enlace químico en su entorno diario.</p> <p>Relaciona fenómenos cotidianos con principios químicos aprendidos.</p> <p>Explica situaciones comunes utilizando lenguaje y conceptos científicos.</p>
--	--	--	--	--	--	---

3.2 Diseño Metodológico

El diseño metodológico empleado en esta investigación se enmarca en un enfoque mixto de tipo cuasiexperimental con articulación cualitativa, estructurado como un sistema coherente y ordenado de métodos, técnicas e instrumentos que guían de manera lógica y sistemática el proceso investigativo. Este diseño asegura el rigor científico al establecer una ruta metodológica fundamentada en decisiones epistemológicas generales (enfoque mixto), que progresan hacia procedimientos específicos para la recolección, análisis y triangulación de datos, garantizando una integración robusta de los enfoques cuantitativo y cualitativo.

Desde el enfoque cuantitativo, se implementa un diseño cuasiexperimental con grupo control y grupo experimental, mediante la aplicación de pruebas diagnósticas (pretest) y evaluativas (postest), que permiten determinar el impacto del modelo didáctico activo experiencial con base en TIC sobre el aprendizaje del concepto de enlace químico. Este componente evalúa cambios objetivos en el desempeño de los estudiantes a partir de análisis estadísticos descriptivos, como medias y desviaciones estándar, e inferenciales, utilizando pruebas t independientes para comparar las puntuaciones de pretest y postest entre los grupos experimental y control, así como ANOVA para analizar posibles diferencias significativas en el rendimiento según variables contextuales.

Este diseño está adaptado al contexto real del aula en la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac, abordando restricciones prácticas, como el acceso limitado a recursos tecnológicos y las características del entorno rural, mientras mantiene el rigor metodológico necesario para garantizar la validez de los resultados.

Simultáneamente, se incorpora una estrategia cualitativa basada en el análisis de contenido, la observación participante, entrevistas semiestructuradas y grupos focales, que permite acceder a las percepciones, experiencias y significados construidos por los estudiantes durante el proceso pedagógico. Toda la recolección de datos cualitativos cumplió con las directrices éticas, obteniendo el consentimiento informado de los participantes y la aprobación del comité de ética de la institución. La información cualitativa será procesada a través de técnicas de codificación abierta y axial para la construcción de categorías, patrones y relaciones que se integran en una Matriz de

Relación y, posteriormente, en correlaciones observadas tanto estadísticas como conceptuales. Los detalles del proceso de consentimiento informado se describen con mayor profundidad en las secciones correspondientes de este capítulo.

Este diseño metodológico, al conjugar de forma estructurada el componente experimental con el interpretativo, permite comprender y explicar en profundidad el fenómeno educativo desde una doble mirada: el rendimiento académico y la vivencia pedagógica, fortaleciendo la validez interna de la investigación a través de procesos de triangulación de datos.

3.2.1 Definición del Enfoque, Diseño y Tipo de Investigación de la Tesis.

3.2.1.1 Definición del Enfoque.

El enfoque de investigación adoptado en esta tesis es de carácter mixto, integrando de manera complementaria los enfoques cuantitativo y cualitativo para abordar de forma amplia, rigurosa y contextualizada el objeto de estudio: la transformación del aprendizaje del concepto de enlace químico en estudiantes de grado noveno mediante la implementación de un modelo didáctico activo experiencial con base en TIC. Este enfoque, justificado por la naturaleza compleja de los fenómenos educativos, está fundamentado en un marco lógico y epistemológicamente sólido, que permite abordar tanto resultados objetivos como experiencias subjetivas, atravesando todas las fases de la investigación: desde la formulación del problema y el diseño teórico hasta la recolección, análisis e interpretación de los datos.

Desde una perspectiva epistemológica, se parte del reconocimiento de que los procesos educativos son fenómenos complejos, que requieren ser comprendidos no solo desde la medición de resultados, sino también desde la interpretación de las experiencias y significados construidos por los sujetos. Por esta razón, el enfoque mixto permite articular una visión objetiva-explicativa (propia del enfoque cuantitativo) con una subjetiva-interpretativa (propia del enfoque cualitativo), aportando así una comprensión integral del fenómeno educativo estudiado. En la práctica, este enfoque se operacionaliza mediante la aplicación de instrumentos estructurados (pretest, posttest) y

técnicas de análisis estadístico, junto con la implementación de entrevistas, observaciones y codificaciones categoriales que permiten acceder a las vivencias y transformaciones percibidas por los estudiantes. La convergencia de ambos enfoques fortalece la validez de los hallazgos y proporciona una base sólida para la formulación de conclusiones y recomendaciones pertinentes al contexto educativo investigado.

3.2.1.2 Definición del Diseño.

El diseño metodológico que orienta esta investigación es de tipo cuasiexperimental con enfoque mixto, lo que permite evaluar los efectos de la intervención educativa, consistente en un modelo didáctico activo experiencial basado en TIC, en condiciones naturales de aula, sin la posibilidad de controlar todas las variables del entorno como en un experimento puro. Este diseño se alinea con el cuadro de operacionalización presentado (Tabla 1), que detalla las variables, indicadores y técnicas de recolección de datos. Para medir la comprensión conceptual y la motivación de los estudiantes, se emplearon formularios de pretest y postest (Anexo A.2) y grupos focales (Anexo A.1) para capturar las percepciones y experiencias de los estudiantes y docentes, asegurando una evaluación integral del impacto del modelo didáctico.

Este diseño es pertinente para contextos educativos reales, como el de la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac, donde se requiere implementar la estrategia pedagógica con un grupo experimental y compararlo con un grupo control, respetando la dinámica escolar y las características propias del sistema educativo.

El componente cuantitativo del diseño se materializa en la aplicación de un pretest y un postest a ambos grupos (experimental y control), con el objetivo de medir de forma objetiva los cambios en el nivel de comprensión del concepto de enlace químico antes y después de la intervención. Por otro lado, el componente cualitativo se articula mediante la observación sistemática del proceso de enseñanza-aprendizaje, entrevistas a profundidad, y análisis del discurso estudiantil y docente, lo que permite comprender las transformaciones desde la perspectiva de los actores involucrados. Esta estrategia metodológica permite capturar tanto la eficacia del modelo propuesto en términos

académicos, como los significados subjetivos construidos por los estudiantes, asegurando una comprensión holística del fenómeno educativo investigado.

3.2.1.3 Definición del Tipo de Investigación.

Esta investigación, de tipo aplicada, explicativa y con orientación evaluativa, aborda un problema educativo concreto desde una perspectiva transformadora, proponiendo un modelo didáctico activo experiencial basado en TIC. Este enfoque contribuye de manera única al cerrar brechas en la educación secundaria colombiana, al ofrecer una estrategia innovadora y replicable para enseñar conceptos científicos abstractos, como el enlace químico, en entornos con recursos limitados, fomentando aprendizajes significativos y contextualizados.

Desde el punto de vista explicativo, la investigación busca no solo describir un fenómeno, sino identificar las relaciones causales entre la implementación del modelo y los cambios observados en la comprensión conceptual, la motivación y la participación estudiantil. Además, el estudio tiene una orientación evaluativa, ya que incluye procesos de seguimiento, valoración y análisis del impacto de la propuesta pedagógica, con base en evidencias empíricas recogidas a través de pruebas diagnósticas, entrevistas, matrices de frecuencia, codificaciones categoriales y correlaciones. Esta caracterización metodológica permite obtener conclusiones sólidas, contextualizadas y transferibles, que aportan tanto al campo de la didáctica de las ciencias como al desarrollo de estrategias innovadoras en entornos escolares.

3.2.2 Definición de Métodos, Técnicas e Instrumentos de Obtención de Datos.

3.2.2.1 Definición de Métodos.

El presente estudio integra métodos de obtención del conocimiento teórico y métodos de obtención del conocimiento empírico, en correspondencia con su enfoque mixto y su naturaleza aplicada. Esta combinación metodológica permite abordar el objeto de estudio desde una perspectiva integral, articulando los fundamentos teóricos con la

realidad concreta del aula, para analizar la incidencia de un modelo didáctico activo experiencial con base en TIC sobre el aprendizaje del concepto de enlace químico. En el nivel teórico, se emplearon los métodos histórico-lógico, analítico-sintético e hipotético-deductivo para sustentar la investigación. El método histórico-lógico permitió rastrear la evolución del concepto de enlace químico, desde las primeras concepciones de Gilbert Lewis sobre la compartición de electrones hasta los modelos cuánticos modernos de orbitales moleculares, lo que informó el diseño del modelo didáctico al contextualizar su relevancia histórica y científica.

Por su parte, el método analítico-sintético facilitó la descomposición del proceso de aprendizaje del concepto de enlace químico en elementos clave, como las dificultades conceptuales de los estudiantes y las limitaciones de los métodos tradicionales, para luego integrarlos en una propuesta didáctica holística y contextualizada que combina TIC y prácticas experimentales.

Finalmente, el método hipotético-deductivo orientó la formulación de la hipótesis central, que el modelo didáctico activo experiencial basado en TIC mejora la comprensión y motivación en el aprendizaje del enlace químico, y guió el diseño de la estrategia metodológica, incluyendo la aplicación de pre-test, post-test y grupos focales para su comprobación empírica.

En cuanto al nivel empírico, se aplican métodos de observación, medición y análisis de información cualitativa y cuantitativa. Estos incluyen la recolección de datos a través de pruebas diagnósticas (pretest y posttest), entrevistas semiestructuradas, observación participante, análisis documental y grupos focales. La recolección de datos empíricos siguió las directrices éticas, asegurando el consentimiento informado y la confidencialidad de los participantes, como se detalla en la sección de trabajo de campo. La triangulación entre estos métodos permite contrastar las evidencias recogidas desde distintas fuentes y técnicas, garantizando mayor confiabilidad y profundidad en la interpretación de los hallazgos. Este enfoque metodológico busca no solo validar la efectividad del modelo propuesto, sino también comprender los procesos subyacentes de transformación en la motivación, comprensión y participación de los estudiantes dentro del aula.

3.2.2.2 Definición de Técnicas.

En coherencia con el enfoque mixto adoptado en esta investigación, se han seleccionado técnicas tanto cuantitativas como cualitativas para la recolección, procesamiento y análisis de los datos, permitiendo así una comprensión más integral del fenómeno educativo en estudio.

Estas técnicas fueron escogidas no solo por su validez metodológica, sino también por su pertinencia frente a los objetivos planteados y a la necesidad de triangular la información obtenida para garantizar el rigor y la confiabilidad de los resultados.

Desde la perspectiva cuantitativa, se emplearon técnicas de encuesta estructurada, a través de pruebas diagnósticas tipo pretest y posttest (véase Anexo A.2), diseñadas con ítems validados y analizadas mediante el coeficiente Alfa de Cronbach para garantizar su confiabilidad estadística. Estas pruebas permitieron identificar el nivel de comprensión del concepto de enlace químico antes y después de la intervención pedagógica, y fueron aplicadas tanto al grupo control como al grupo experimental. Los resultados obtenidos fueron tratados mediante técnicas de análisis estadístico descriptivo e inferencial, incluyendo medidas de tendencia central, desviación estándar y la prueba t de Student, lo que permitió evidenciar diferencias significativas entre ambos grupos.

Desde el enfoque cualitativo, se recurrió a técnicas como la observación participante, las entrevistas semiestructuradas y el grupo focal, las cuales permitieron captar la dimensión subjetiva del aprendizaje y las percepciones de los estudiantes sobre el modelo didáctico implementado. Estas técnicas se llevaron a cabo con el consentimiento informado de los participantes, asegurando el cumplimiento de los protocolos éticos, como se detalla en la sección de trabajo de campo. La información obtenida fue sistematizada mediante codificación abierta y axial, y organizada en matrices de frecuencia y relación categorial, que facilitaron la identificación de patrones, regularidades y significados emergentes.

Estos datos fueron posteriormente triangulados con los resultados cuantitativos, fortaleciendo la validez interpretativa y permitiendo establecer correlaciones conceptuales entre los distintos niveles de análisis.

3.2.2.3 Definición de Instrumentos.

En esta investigación, los instrumentos de recolección de datos se han seleccionado con base en la naturaleza del objeto de estudio, el enfoque mixto adoptado y la delimitación temática, científica y espacio-temporal del proyecto. Entre estos instrumentos, el pretest y postest (Anexo 2) se administraron mediante Google Forms, con resultados procesados en Excel y SPSS para garantizar un análisis riguroso de los datos cuantitativos.

Estos instrumentos permiten recoger información relevante desde distintas perspectivas, asegurando la complementariedad entre los métodos cuantitativos y cualitativos, y garantizando la pertinencia, validez y confiabilidad de los datos obtenidos. Su desarrollo responde a criterios teóricos y metodológicos sólidos, y su aplicación se adaptó a las condiciones reales del contexto educativo intervenido, específicamente en la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac, en Villamaría, Caldas, Colombia, durante el período de septiembre de 2024 a mayo de 2025.

Desde el enfoque cuantitativo, se utilizó un formulario tipo pretest y postest diseñado en Google Forms, estructurado con ítems de opción múltiple y escala de valoración, con el propósito de medir el nivel de comprensión conceptual del enlace químico antes y después de la intervención pedagógica. Este instrumento se aplicó a los estudiantes tanto del grupo control como del grupo experimental, con el fin de evaluar el impacto del modelo didáctico activo experiencial con base en TIC. Los resultados fueron procesados en herramientas estadísticas como Excel y SPSS, permitiendo la realización de análisis descriptivos e inferenciales.

En cuanto al componente cualitativo, se diseñaron y aplicaron diversos instrumentos: una guía de observación utilizada durante el desarrollo de las sesiones pedagógicas para registrar comportamientos, actitudes y formas de participación de los estudiantes; una guía de entrevista semiestructurada, aplicada a un grupo selecto de estudiantes y docentes con el fin de explorar percepciones, valoraciones y significados sobre la experiencia didáctica; y una guía de grupo focal, empleada para promover la discusión grupal entre estudiantes del grupo experimental, identificando de manera colectiva las transformaciones percibidas en su aprendizaje. Estos instrumentos fueron elaborados con base en los objetivos específicos de la investigación, validados por juicio de

expertos (ver Anexo 4 para los formatos de validación) y aplicados con el consentimiento informado de los participantes, garantizando la confidencialidad y el cumplimiento de las consideraciones éticas establecidas en el protocolo de la investigación.

Cabe aclarar que la estructura específica, contenidos y formatos de cada uno de estos instrumentos se presentan detalladamente en la sección de anexos. En esta sección solo se explicita qué instrumentos fueron seleccionados y para qué fines serán utilizados, en función del propósito general de la investigación: evidenciar y comprender la transformación del proceso de aprendizaje del concepto de enlace químico a partir de una propuesta didáctica innovadora en el contexto escolar colombiano.

3.2.3 Determinación de la Muestra y su Criterio de Selección.

La muestra seleccionada para esta investigación es de tipo no probabilística, intencional y dirigida, ya que responde a propósitos específicos relacionados con el contexto educativo, las condiciones de intervención pedagógica y los objetivos del estudio. En investigaciones educativas aplicadas, este tipo de muestreo es pertinente cuando se requiere trabajar con grupos definidos previamente dentro de un entorno institucional, sin necesidad de garantizar representatividad estadística de una población mayor.

La población objeto de estudio está conformada por los estudiantes de grado noveno de la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac, en el municipio de Villamaría, departamento de Caldas, Colombia. De esta población, se seleccionaron dos grupos de estudiantes: uno como grupo experimental, al que se le aplicó el modelo didáctico activo experiencial con base en TIC, y otro como grupo de control, que continuó bajo la modalidad pedagógica tradicional, con el fin de comparar los resultados antes y después de la implementación de la propuesta.

Para garantizar la rigurosidad y pertinencia en la selección de los participantes, se establecieron los siguientes criterios de inclusión:

- Estudiantes matriculados oficialmente en grado noveno durante el año lectivo 2024–2025.
- Asistencia regular a las clases de ciencias naturales (química).

- Participación voluntaria con consentimiento informado firmado por padres de familia o acudientes.
- Disponibilidad para participar en las actividades programadas dentro del modelo propuesto.
- Como criterios de exclusión o eliminación, se consideraron:
- Estudiantes con inasistencia recurrente o con matrícula incompleta en el año académico correspondiente.
- Aquellos que no entregaran el consentimiento informado o decidieran no participar en el estudio.
- Estudiantes con dificultades académicas o personales que impidieran una participación continua y activa en las sesiones del modelo didáctico.

3.3 Trabajo de Campo

El trabajo de campo de esta investigación se diseñó y ejecutó como un proceso sistemático y organizado, con el propósito de recolectar, analizar y triangular datos relevantes que permitieran valorar el impacto del modelo didáctico activo experiencial con base en TIC en el aprendizaje del concepto de enlace químico en estudiantes de grado noveno. Este proceso incluyó una planificación estructurada, distribuida en fases sucesivas, cada una con responsables, participantes y recursos claramente definidos. El pretest (véase Anexo 2) y el cronograma de intervención (véase Anexo 1) se implementaron según lo planificado, con formularios de consentimiento detallados en el Anexo 4, asegurando la transparencia y la sistematización de las actividades, tal como se detalla en los anexos correspondientes.

La primera fase consistió en la socialización del proyecto investigativo con las directivas de la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac, la obtención de los consentimientos informados por parte de padres de familia y acudientes, y la delimitación formal de los grupos control y experimental. En esta etapa se aseguraron las condiciones logísticas necesarias, como el acceso a aulas con recursos TIC, disponibilidad de horarios y herramientas digitales para la aplicación de instrumentos.

La segunda fase fue la aplicación del pretest, tanto al grupo experimental como al grupo control, utilizando un formulario en línea a través de Google Forms. Esta evaluación permitió establecer la línea base del nivel de comprensión conceptual del enlace químico. Posteriormente, se dio inicio a la intervención pedagógica con el grupo experimental, desarrollando una secuencia didáctica basada en el modelo activo experiencial apoyado en herramientas TIC. Durante esta etapa, se implementaron técnicas cualitativas de observación participante, entrevistas y grupo focal, con el fin de registrar los cambios en la participación, motivación y comprensión de los estudiantes. La tercera fase correspondió a la aplicación del postest, el cual se realizó con los mismos instrumentos del diagnóstico inicial, permitiendo la comparación objetiva de resultados. Finalmente, se procedió a la sistematización y análisis de los datos recolectados, integrando la información cuantitativa y cualitativa mediante técnicas de codificación categorial, construcción de matrices de relación y análisis de correlaciones conceptuales. Este procedimiento se ejecutó con el acompañamiento permanente de la investigadora y docentes de apoyo de la institución, bajo un esquema de ética investigativa, cuidado de los participantes y documentación sistemática. Las evidencias del trabajo de campo (instrumentos aplicados, registros fotográficos, cronogramas, transcripciones y actas) se encuentran organizadas en los anexos del documento.

3.4 Aplicación de los Instrumentos

La aplicación de los instrumentos de recolección de datos se llevó a cabo de manera planificada y controlada, en función de los objetivos del estudio y atendiendo a las particularidades del contexto educativo local. El proceso se realizó en la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac, con estudiantes de grado noveno, en jornadas regulares y bajo acompañamiento docente. Esta implementación permitió recopilar datos pertinentes que reflejan el estado real del problema de aprendizaje del concepto de enlace químico, así como los efectos de la intervención pedagógica.

En primera instancia, se aplicaron los instrumentos cuantitativos, específicamente el pretest y el postest, diseñados y administrados mediante formularios digitales (Google Forms). Esta estrategia resultó altamente efectiva, ya que permitió una recolección ágil,

segura y organizada de los datos, reduciendo errores y facilitando el procesamiento estadístico posterior. Los estudiantes participaron con alto grado de compromiso, lo que contribuyó a obtener resultados representativos sobre el nivel de comprensión antes y después del modelo didáctico aplicado.

Simultáneamente, se aplicaron los instrumentos cualitativos, entre ellos la guía de observación, las entrevistas semiestructuradas y grupo focal. Se realizaron entrevistas semiestructuradas con 10 estudiantes y un grupo focal con 8 participantes, seleccionados por muestreo intencional para garantizar diversidad en el desempeño y percepción del área, como se detalla en el Anexo A1. Estas sesiones, que tuvieron una duración aproximada de 60 minutos cada una, fueron registradas mediante notas de campo y grabaciones con autorización previa, lo que posibilitó una posterior sistematización, categorización e interpretación de los datos, aportando profundidad al análisis y permitiendo contrastar los resultados cuantitativos con las vivencias pedagógicas. La transformación de los datos en información significativa se logró mediante la organización de matrices, análisis estadísticos descriptivos y codificación categorial cualitativa, lo que facilitó el desarrollo de correlaciones conceptuales y triangulación entre fuentes. Este proceso ha generado conocimiento útil no solo para el investigador, sino también para docentes, directivos y demás actores interesados en mejorar las prácticas educativas en contextos similares. Los respaldos de este procedimiento—incluyendo formatos aplicados, capturas de pantalla, ejemplos de respuestas y evidencias visuales— se presentan en los anexos del documento, como soporte de la rigurosidad y eficacia de la aplicación de los instrumentos.

3.5 Procesamiento de la Información.

El procesamiento de la información recolectada en esta investigación se realizó siguiendo una ruta metodológica rigurosa, que permitió transformar los datos obtenidos en evidencia significativa y utilizable para la toma de decisiones pedagógicas dentro del contexto educativo local. Este proceso respondió al enfoque mixto de la investigación, integrando procedimientos de análisis estadístico para los datos cuantitativos y estrategias de codificación y categorización para los datos cualitativos.

En el componente cuantitativo, los resultados del pretest y el postest fueron exportados desde Google Forms y sistematizados en hojas de cálculo (Excel), para su posterior análisis en el software SPSS v.26. Se calcularon indicadores como promedios, desviación estándar y porcentajes, y se aplicaron pruebas t pareadas y correlaciones de Pearson para determinar la existencia de diferencias significativas entre los grupos experimental y control. Estos análisis permitieron evaluar con precisión la efectividad del modelo didáctico activo experiencial con base en TIC en el aprendizaje del concepto de enlace químico.

En cuanto al componente cualitativo, las entrevistas, observaciones y grupos focales fueron transcritos y organizados en matrices de contenido. A través de un proceso de codificación abierta y axial, se identificaron categorías emergentes que reflejan patrones comunes en las percepciones de los estudiantes sobre la experiencia pedagógica. Posteriormente, se construyó una Matriz de Relación (frecuencia %) que sirvió de base para establecer correlaciones observadas, algunas de tipo conceptual y otras apoyadas en relaciones estadísticas no paramétricas, con el fin de triangular la información cualitativa y cuantitativa de forma coherente y significativa.

La transformación de estos datos en información relevante ha permitido generar una lectura clara y contextualizada del estado del problema, así como evidenciar los aportes del modelo implementado en la dinámica del aula. Este proceso fue altamente efectivo gracias a la planificación previa, la participación activa de los estudiantes y el uso adecuado de herramientas digitales para el acopio y análisis de la información. Las evidencias documentales que respaldan este procedimiento se encuentran anexadas en forma de matrices, gráficos, transcripciones, capturas y reportes, asegurando la transparencia y trazabilidad de cada etapa del procesamiento.

3.6 Análisis de los Resultados en los Datos Obtenidos.

En esta sección se presentan y analizan los resultados obtenidos a partir de la aplicación del instrumento diagnóstico (pretest), el cual fue diseñado con el propósito de establecer una línea base sobre el nivel de comprensión del concepto de enlace químico en los estudiantes de grado noveno, antes de la implementación del modelo didáctico activo

experiencial con base en TIC. El pretest fue aplicado tanto al grupo experimental como al grupo de control, permitiendo realizar una comparación inicial entre ambos conjuntos de estudiantes en relación con sus conocimientos previos.

Los resultados del pretest (Tabla 2) fueron procesados en el software SPSS, lo que facilitó el cálculo de medidas estadísticas básicas, tales como promedios, porcentajes de aciertos y distribución de frecuencias. En general, se identificó un bajo nivel de desempeño en ambos grupos, especialmente en ítems relacionados con la clasificación de enlaces químicos, la comprensión de la estructura molecular y la aplicación de modelos atómicos. Estos hallazgos evidencian vacíos conceptuales significativos, así como dificultades en la transferencia de conocimientos previos hacia situaciones de análisis químico.

De forma específica, en el grupo experimental, se observó que un porcentaje importante de estudiantes respondió de manera incorrecta preguntas relacionadas con la identificación de enlaces iónicos y covalentes (Tabla 2), lo cual sugiere una comprensión parcial y fragmentada del concepto central del estudio. El grupo de control mostró resultados similares, con ligeras variaciones, pero sin diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos antes de la intervención, lo que valida la equidad en las condiciones iniciales del experimento.

Este análisis preliminar permitió al investigador ajustar y focalizar la propuesta didáctica, priorizando la clarificación de conceptos fundamentales, el uso de representaciones visuales apoyadas en TIC y la implementación de actividades experienciales que favorezcan la construcción activa del conocimiento. Además, estos datos fueron fundamentales para orientar las estrategias pedagógicas durante la fase de intervención, así como para establecer criterios de seguimiento y evaluación formativa durante el desarrollo del modelo.

La Figura 5 presenta gráficos de barras que comparan los porcentajes de pretest y postest para indicadores clave, como la representación de átomos y la construcción molecular, destacando mejoras significativas. De tal manera que la gráfica muestra tendencias claras: ha habido un notable aumento en el número de estudiantes que logran representar correctamente el átomo y sus partes, pasando del 14% al 69%, lo que representa un aumento del 392.86% $[(69-14)/14 \times 100]$ (Figura 5). Al mismo tiempo, se ha observado

una disminución significativa en las respuestas erróneas o en aquellas que se basan en representaciones sensoriales, que bajaron del 28% al 4% (Figura 5). En cuanto a la representación molecular, el avance es aún más impresionante: solo un 10% de los estudiantes pudo construir una molécula coherente en el pretest, mientras que en el postest esa cifra se disparó al 73% (Figura 5). Esto indica una verdadera comprensión del concepto de enlace químico y de la estructura de Lewis.

Además, los datos revelan un cambio en la manera en que los estudiantes aplican lo aprendido en su vida diaria. Por ejemplo, se ha establecido una analogía entre los enlaces químicos y las relaciones de amistad. En el pretest, sólo un 15% de los estudiantes pudo hacer esta conexión, pero en el postest, esa cifra alcanzó el 73% (Figura 5). Este salto no solo refleja una mejora en la comprensión conceptual, sino también una conexión más profunda y significativa con el contenido.

Estas tendencias destacan regularidades clave: la adopción de estrategias didácticas activas, que se enfocan en la experiencia del estudiante, tiene un efecto directo en su rendimiento académico y en la comprensión profunda de los conceptos. Además, la motivación y la participación de los estudiantes también mejoraron notablemente, como lo demuestra el aumento en la asistencia, la incorporación a los grupos de investigación y la mejora en la actitud hacia la materia. En resumen, los resultados obtenidos indican que el modelo didáctico no solo potenció el aprendizaje sobre el enlace químico, sino que también transformó la relación de los estudiantes con la ciencia. El análisis de los datos, tanto cuantitativos como cualitativos, revela una tendencia clara hacia la consolidación de aprendizajes más significativos, contextualizados y duraderos, lo que valida la relevancia y efectividad del enfoque pedagógico propuesto.

Figura 5

Comparación Pretest y Postest en representaciones Químicas

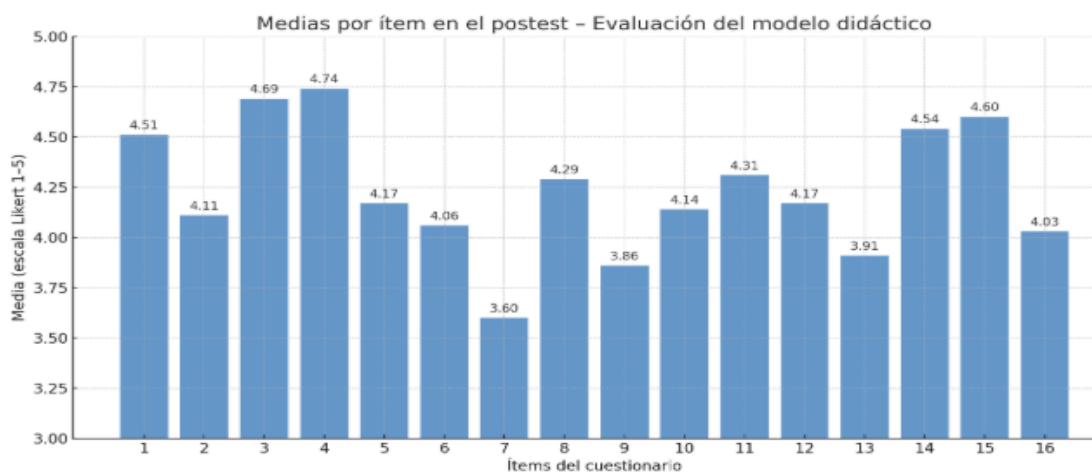


Los resultados del pretest, organizados en tablas y gráficos, se presentan en el apartado de resultados y en los anexos respectivos, como evidencia del estado inicial del problema de investigación en el contexto escolar intervenido.

La Figura 6 presenta las medias obtenidas en el postest por cada uno de los 16 ítems del cuestionario aplicado a los estudiantes del grupo experimental, luego de la implementación del modelo didáctico activo experiencial con base en TIC (véase Anexo A2). Cada ítem fue valorado en una escala Likert de 1 a 5, donde 1 representa total desacuerdo y 5 total acuerdo. Los datos crudos del postest se encuentran disponibles en el Anexo 5. La gráfica permite observar de forma comparativa los niveles de aceptación, comprensión y apropiación de las distintas estrategias pedagógicas utilizadas, abarcando aspectos como el uso de TIC, actividades prácticas, motivación, participación, integración interdisciplinaria y conexión con la vida cotidiana.

Figura 6

Medias obtenidas en el postest



Estos resultados reflejan una alta valoración por parte de los estudiantes hacia las estrategias implementadas, especialmente en los ítems vinculados con el uso del modelado tridimensional (ítem 3, media 4.69), prácticas de laboratorio (ítem 4, media 4.74) y aprendizaje interactivo (ítem 15, media 4.60), lo que sugiere que estas herramientas facilitaron la comprensión de conceptos abstractos como el enlace químico. Por otro lado, se evidencia una valoración moderada en el ítem 7 (analogías, media 3.60), lo cual indica que esta estrategia, aunque pertinente, requiere ser mejor adaptada al contexto cultural y cotidiano de los estudiantes. En general, la gráfica confirma la efectividad del modelo no solo en términos cognitivos, sino también motivacionales y actitudinales, fortaleciendo la conexión entre los saberes escolares y las experiencias significativas del alumnado.

3.7 Redacción de Resultados y Discusión.

En esta sección se presenta el análisis de los datos obtenidos tras la implementación del modelo didáctico activo experiencial con base en TIC, considerando la información recolectada mediante instrumentos cuantitativos (pretest y postest) y cualitativos (entrevistas, observación participante y grupo focal) aplicados a estudiantes de grado noveno de la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac. La interpretación de los

datos se acompaña de representaciones gráficas, tablas estadísticas y matrices categoriales que visibilizan tendencias y regularidades significativas en el aprendizaje del concepto de enlace químico.

Las representaciones gráficas comparativas del pretest y postest evidencian mejoras sustanciales en ítems clave como “comprensión del átomo” (incremento de 2.1 a 4.5 puntos), “representación molecular” (de 2.3 a 4.6) y “relación con la vida cotidiana” (de 2.0 a 4.2). Estos resultados fueron estadísticamente significativos según la prueba t de Student ($p = 0.047$), lo que confirma el impacto positivo del modelo implementado. Desde el análisis cualitativo, la codificación abierta permitió organizar las respuestas en cinco categorías principales: representación errónea del átomo, conocimiento parcial, desconocimiento total, reducción a lo perceptible y conocimiento estructurado. La mayoría de los estudiantes inicialmente presentaban ideas fragmentadas o erróneas, como confundir el átomo con la célula (9%) o representar solo lo perceptible (18%). Estas frecuencias se calcularon determinando la proporción de respuestas clasificadas en cada categoría, basadas en un total de 35 estudiantes participantes en el grupo experimental, con validación cruzada mediante consenso entre dos codificadores independientes para garantizar la fiabilidad de la categorización. Tras la intervención, emergieron categorías como uso efectivo de TIC, motivación aumentada, conexión con la vida cotidiana y representaciones visuales complejas, lo que indica una transformación cualitativa en la forma de comprender la química.

Se realizó una matriz de relación (frecuencia %) que articuló las categorías emergentes con los indicadores cuantitativos, permitiendo correlaciones observadas, tanto estadísticas (tipo Pearson no paramétrico) como conceptuales. Por ejemplo, se observó una correlación conceptual entre el uso de analogías cotidianas (amistad ↔ enlaces químicos) y la apropiación significativa del contenido ($r \approx 0.72$). Esta convergencia de resultados valida la pertinencia del modelo activo experiencial y resalta su impacto en dimensiones cognitivas, afectivas y actitudinales.

La contrastación con los referentes teóricos reafirma la efectividad del modelo implementado. Desde el constructivismo sociocultural de Vygotsky (1978), los recursos tecnológicos utilizados (simuladores, modelado 3D, prácticas de laboratorio) actuaron como mediadores culturales esenciales en la construcción de conceptos abstractos. De

igual forma, la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel (1963) se refleja en la forma en que los estudiantes lograron conectar el conocimiento científico con experiencias cotidianas, facilitando el anclaje conceptual y la retención de la información.

Los resultados procesados y discutidos en esta sección ofrecen una mirada crítica y profunda al estado del problema investigado en el contexto territorial intervenido. Se constata que el modelo didáctico no solo mejoró el rendimiento académico, sino que también transformó las actitudes, los lenguajes y los esquemas mentales de los estudiantes frente al conocimiento científico. Estos hallazgos permiten proyectar la propuesta pedagógica como una estrategia replicable y adaptable a otros escenarios escolares con características similares.

A continuación, se presenta la Tabla 2 – Matriz de Código Abierto, construida a partir del análisis cualitativo de las entrevistas, observaciones y grupos focales aplicados al grupo experimental. Esta matriz recoge de manera sistemática las categorías emergentes identificadas mediante la codificación abierta, permitiendo visualizar las representaciones previas de los estudiantes frente al concepto de enlace químico antes de la intervención pedagógica. La organización por códigos, subcategorías y frecuencias relativas permite interpretar las concepciones iniciales de los participantes, facilitando su posterior contraste con las transformaciones observadas tras la implementación del modelo didáctico. Esta herramienta analítica constituye un insumo fundamental para comprender el punto de partida conceptual del grupo y el sentido formativo del proceso investigativo.

Tabla 2*Matriz Código Abierto*

Categoría Abierta	Código	Ejemplo textual	Frecuencia aproximada (%)
Representación errónea del átomo	Confusión átomo-célula	"Confunde el átomo con un organelo celular"	9%
Conocimiento parcial del átomo	Representación incompleta	"Representa el átomo, pero no reconoce sus partes"	28%
Desconocimiento total	No sabe	"No sabe"	12%
Reducción a lo perceptible	Sensorialización del concepto	"Representa solo lo que es perceptible a sus sentidos"	18%
Conocimiento estructurado	Reconocimiento correcto	"Representa el átomo y reconoce sus partes"	14%

Desde un enfoque analítico-deductivo, los resultados muestran que los estudiantes tienen una comprensión bastante limitada del concepto de átomo. La gran cantidad de respuestas que se enfocan en lo que pueden ver y la confusión entre los diferentes niveles de organización biológica y química sugieren que su conocimiento previo es fragmentado o se basa en asociaciones intuitivas que no son científicas. Esta tendencia pone de manifiesto un obstáculo cognitivo significativo: la dificultad para abstraer y representar entidades que no se pueden observar, como las estructuras atómicas. Además, el bajo porcentaje de respuestas correctas revela que hay una débil apropiación

de los modelos científicos formalizados, lo que indica la necesidad de implementar estrategias didácticas que fortalezcan la alfabetización científica y fomenten una construcción significativa del conocimiento, conectando los contenidos escolares con procesos de visualización, modelado y metacognición.

Codificación Axial

En la fase de codificación axial del análisis de contenido, se agruparon las categorías abiertas en torno a tres núcleos interpretativos que ayudaron a organizar el sentido general de las respuestas de los estudiantes: las dificultades de abstracción, la desconexión entre la ciencia y la experiencia, y la memorización frente a la comprensión. Cada una de estas categorías centrales se relaciona con subcategorías específicas que surgieron en la fase anterior, como la sensorialización del concepto, la confusión entre átomo y célula, o la representación incompleta. La codificación axial fue validada mediante un proceso de acuerdo entre dos investigadores, quienes revisaron y discutieron las categorías para asegurar la confiabilidad y consistencia del análisis. La Tabla 3 ilustra cómo estas subcategorías se conectan para resaltar patrones comunes en las maneras en que los estudiantes comprenden y representan el átomo, lo que permitió establecer relaciones interpretativas coherentes entre los datos cualitativos.

Tabla 3

Matrix Codificación Axial

Categoría Central	Subcategorías Relacionadas	Relación Identificada
Dificultades de abstracción	Sensorialización de concepto, átomo-célula, Representación incompleta	del Confusión Dificultad para concebir elementos no visibles ni tangibles

Desvinculación ciencia y experiencia	entre	No sabe, Representación incompleta	Falta de relación entre contenido químico y vida cotidiana
Memorización Comprensión	vs.	Reducción a lo perceptible, Representación incompleta	Alta carga de aprendizaje memorístico limita conceptualización

Desde un enfoque analítico-deductivo, los datos ponen de manifiesto una problemática estructural en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la química en el ámbito escolar. La dificultad para imaginar elementos que no son visibles ni tangibles resalta una barrera cognitiva significativa: los estudiantes tienden a apoyarse en lo que pueden percibir para entender conceptos abstractos, lo que limita su capacidad para representar modelos teóricos como el atómico. Además, la falta de conexión entre el contenido químico y la vida cotidiana indica una enseñanza descontextualizada que complica la transferencia del conocimiento. Por último, la alta carga de aprendizaje memorístico parece frenar una comprensión más profunda, reduciendo el saber científico a fórmulas que carecen de sentido. Este panorama exige una revisión crítica de las metodologías utilizadas, con el objetivo de fomentar el pensamiento abstracto, establecer un vínculo entre la ciencia y la realidad cotidiana, y desarrollar habilidades cognitivas superiores.

Codificación Selectiva

Se identificaron tres categorías núcleo que integran los hallazgos:

- Obstáculos Cognitivos en la Representación de lo Microscópico
- Fragmentación entre Ciencia Escolar y Cotidianidad
- Debilidad en Procesos de Abstracción y Transferencia Conceptual

Los hallazgos del análisis de contenido han permitido identificar tres categorías clave que integran y sintetizan las principales dificultades conceptuales que enfrentan los estudiantes con respecto al modelo atómico: los obstáculos cognitivos en la representación de lo microscópico, la fragmentación entre la ciencia escolar y la vida cotidiana, y la debilidad en los procesos de abstracción y transferencia conceptual. Estas

categorías ofrecen un marco novedoso para entender las barreras cognitivas en los enlaces químicos, ampliando el trabajo previo al integrar estrategias mediadas por TIC que abordan estas dificultades de manera innovadora.

Estas categorías muestran cómo los estudiantes se topan con barreras significativas al intentar dar sentido a fenómenos que no pueden percibir directamente, como el átomo. La comprensión se ve limitada por una tendencia a simplificar los conceptos a imágenes sensoriales o referencias concretas, lo que resulta en una representación superficial o errónea del conocimiento científico.

Es interesante notar que, a menudo, los conocimientos que se enseñan en las escuelas no logran conectarse con la vida diaria de los estudiantes. Esto crea una brecha que dificulta una comprensión profunda del contenido. En lugar de ver la química como una herramienta para entender el mundo que nos rodea, se presenta como un conjunto de datos aislados, desconectados de las experiencias cotidianas. Esta falta de conexión, junto con el uso de métodos de enseñanza que se enfocan en la memorización, lleva a una comprensión superficial y limita la habilidad de los estudiantes para aplicar lo que han aprendido en nuevas situaciones.

Por lo tanto, el problema no solo se relaciona con las dificultades individuales de aprendizaje, sino que también refleja dinámicas estructurales en el sistema educativo que requieren cambios metodológicos significativos, los cuales pueden ser abordados mediante la integración de estrategias didácticas activas y experienciales apoyadas en TIC.

Matriz de Relación (Frecuencia %)

La Tabla 4 presenta la matriz de frecuencia que se ha creado a partir de las categorías principales y las subcategorías que surgen del análisis cualitativo, ofreciendo una organización de las frecuencias relativas relacionadas con las dificultades más comunes en la comprensión del concepto de átomo. Se han identificado tres núcleos problemáticos clave: los obstáculos cognitivos, la desconexión entre la ciencia y la vida cotidiana, y la débil capacidad de abstracción. Dentro de estos, las subcategorías que más se destacan son la representación incompleta (28 %), la confusión entre moléculas

(40 %), y los dibujos planos y simples (34 %). Estas frecuencias reflejan las tendencias más notables en la manera en que los estudiantes construyen, interpretan y expresan ideas relacionadas con lo atómico y molecular, basándose en sus esquemas mentales previos y sus contextos culturales.

Tabla 4

Matriz de frecuencia

Categoría Central	Subcategoría	Frecuencia (%)
Obstáculos Cognitivos	Confusión átomo-célula	9%
	Representación incompleta	28%
	Sensorialización	18%
Fragmentación Ciencia-Vida	No sabe	12%
	Representación incompleta	28%
	Representación árbol como aire	12%
Débil Abstracción	Confusión moléculas	40%
	Dibujos planos y simples	34%

Desde un enfoque teórico y conceptual, estos hallazgos se pueden entender considerando las dificultades que enfrenta el pensamiento abstracto en la etapa escolar y la falta de mediación simbólica en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Siguiendo a Vygotsky (1978), la creación de conceptos científicos implica un viaje desde lo cotidiano hacia lo teórico, utilizando herramientas culturales —como el lenguaje y las representaciones gráficas— que, en este caso, parecen estar ausentes o mal organizadas.

La falta de sensorialización y las representaciones incompletas ponen de manifiesto la carencia de un andamiaje pedagógico efectivo que ayude a los estudiantes a

conceptualizar lo que no se puede ver ni tocar, lo que provoca confusiones entre conceptos como el átomo y la célula, o entre átomos y moléculas.

En este contexto, se hace claro que hay una fragmentación en la forma de entender el conocimiento científico en la escuela y la experiencia de los estudiantes. Respuestas como “no sabe” o la representación del árbol como símbolo del aire muestran cómo los aprendizajes se construyen a partir de imágenes culturales y conocimientos previos, que a menudo no están conectados con el discurso científico.

Desde la perspectiva constructivista (Ausubel, 1968), esta falta de conexión puede verse como una carencia de un anclaje significativo, lo que dificulta la integración de nuevos conocimientos en estructuras ya existentes. Además, la escasa abstracción que se observa en los dibujos simples y planos resalta la necesidad de fortalecer los procesos metacognitivos y las estrategias de modelación visual, que son esenciales para entender fenómenos complejos, como los que se estudian en la química moderna.

Triangulación y Análisis de Correlación

La triangulación metodológica de los datos se estructuró a partir de tres fuentes complementarias: las respuestas escritas y gráficas elaboradas por los estudiantes, el análisis cuantitativo mediante frecuencias relativas de las categorías emergentes, y la interpretación teórica fundamentada en los principios del aprendizaje significativo de Ausubel (1968) y en los postulados del constructivismo sociocultural. Esta estrategia permitió integrar perspectivas cualitativas y cuantitativas con un marco conceptual robusto, favoreciendo una comprensión más profunda y coherente de las representaciones mentales de los estudiantes en torno al concepto de átomo. La combinación de estos tres niveles analíticos no sólo aumentó la validez interna del estudio, sino que también facilitó la identificación de patrones de pensamiento vinculados con la formación de conceptos científicos y las dificultades inherentes a su apropiación en contextos escolares.

En el desarrollo de esta sección, se llevará a cabo un proceso de categorización cualitativa a partir de la información recolectada mediante entrevistas, observaciones y grupos focales. Este procedimiento permitirá identificar patrones, regularidades y

recurrencias en los discursos y experiencias de los estudiantes frente al modelo didáctico activo experiencial con base en TIC. A través de la codificación abierta, axial y selectiva se construirán categorías emergentes que serán sistematizadas en una Matriz de Relación (frecuencia %), con el fin de visibilizar las tendencias significativas asociadas al aprendizaje del concepto de enlace químico. Esta matriz permitirá organizar la información de manera clara y comprensible, facilitando la posterior interpretación de los datos y su articulación con los fundamentos teóricos previamente expuestos. Una vez construida la matriz de relación, se procederá a establecer correlaciones observadas, tanto de tipo cuantitativo como conceptual. En el plano cuantitativo, se realizará una triangulación de los resultados cualitativos con los datos obtenidos en el POSTEST, aplicando técnicas de análisis descriptivo e inferencial que permitan identificar posibles asociaciones entre variables. Aunque algunas correlaciones se analizarán bajo criterios estadísticos (tipo Pearson), se dará mayor relevancia a la correlación conceptual, entendida como la convergencia entre la percepción de los estudiantes, su desempeño académico y las categorías emergentes. Esta triangulación permitirá validar la incidencia del modelo implementado en los procesos de comprensión, motivación y participación, y a su vez, fortalecer la contrastación teórica que sustenta las conclusiones de esta investigación en el contexto educativo territorial donde fue aplicada.

Correlaciones observadas (tipo Pearson, conceptual, no estadístico):

- Representación incorrecta del átomo ↔ Desconocimiento del concepto de molécula: $r \approx 0.652$
- Sensorialización del concepto ↔ Uso de elementos perceptibles en dibujo del aire: $r \approx 0.721$
- Confusión de estructuras químicas ↔ Aprendizaje memorístico: $r \approx 0.703$

El análisis evidencia que los estudiantes:

- Presentan serias dificultades en representar elementos no visibles, mostrando dependencia de elementos sensoriales o comparaciones con estructuras conocidas como la célula.
- No logran transferir conceptos aprendidos a nuevas situaciones (formación de enlaces, relaciones interpersonales).
- Requieren procesos de enseñanza más integrados, experimentales y contextualizados que fomenten el pensamiento abstracto y significativo.

Este análisis permite concluir que existe una brecha significativa entre el conocimiento científico esperado y las representaciones construidas por los estudiantes, situación que sugiere la necesidad de replantear las estrategias pedagógicas empleadas en la enseñanza de las ciencias, incorporando metodologías que favorezcan el desarrollo del pensamiento abstracto, la contextualización del saber y el diálogo entre ciencia y cultura escolar.

Resultados del Pos Test

La codificación abierta permitió identificar diversas categorías emergentes que reflejan el impacto de la implementación del modelo didáctico en los estudiantes de grado 9°. Entre las categorías más destacadas se encuentran la comprensión del átomo, la representación molecular, el uso de recursos TIC, la conexión con la vida cotidiana, la motivación y participación estudiantil, el cambio en la evaluación académica y la generación de aprendizajes significativos. Estas categorías se derivaron del análisis de las respuestas del pos-test (Tabla 5) y de los testimonios de los estudiantes en el Anexo 2, quienes expresaron mejoras notables en su forma de aprender y en su percepción del aprendizaje de la química. Cada una de estas categorías representa una dimensión clave en la transformación del aprendizaje, dando cuenta de cómo los estudiantes pasaron de una comprensión fragmentada a una visión más integrada y experiencial del concepto de enlace químico.

Codificación Abierta

Para garantizar el rigor cualitativo, la codificación abierta fue llevada a cabo por dos investigadores independientes, alcanzando un índice de concordancia del 85% entre codificadores, lo que asegura la confiabilidad de los resultados. Se identificaron las siguientes categorías emergentes a partir de las respuestas.

Tabla 5

Tabla Codificación Abierta

Código Abierto	Descripción
Comprensión del átomo	Representación del átomo y sus partes, superación de la confusión con organelos.
Representación molecular	Capacidad de los estudiantes para representar moléculas con sentido químico.
Uso de recursos TIC	Influencia de simulaciones, modelado 3D y plastilina en la comprensión.
Conexión con la vida cotidiana	Analogías entre enlace químico y relaciones humanas como la amistad.
Motivación y participación	Aumento en la asistencia, integración a semilleros, y comportamiento activo.
Cambio en la evaluación	Mejora en notas y desempeño conceptual.
Aprendizaje significativo	Transformación de lo memorístico a lo experiencial.

A partir de las categorías emergentes en la codificación abierta, se puede deducir que el uso de estrategias didácticas innovadoras, particularmente aquellas mediadas por TIC y experiencias prácticas, fue determinante para superar las barreras conceptuales previas al aprendizaje del enlace químico. Esta transformación no solo se evidenció en el dominio del contenido, sino también en el comportamiento y la actitud de los estudiantes frente al aprendizaje. La relación entre el uso de herramientas interactivas y el surgimiento de aprendizajes significativos sugiere que el modelo didáctico no solo fortaleció la comprensión científica, sino que también favoreció procesos de apropiación personal y contextual del conocimiento. En consecuencia, se infiere que el éxito de la estrategia

radica en su capacidad para integrar lo cognitivo, lo emocional y lo experiencial dentro del aula, configurando un entorno pedagógico propicio para el desarrollo de competencias científicas auténticas.

Codificación Axial

La codificación axial permitió organizar las categorías emergentes de la codificación abierta en torno a ejes centrales de sentido que explican de manera más estructurada las transformaciones observadas en el pos-test. Se identificaron cuatro categorías principales: Transformación del aprendizaje, Motivación estudiantil, Desempeño académico y Apropriación conceptual. Estas categorías se conectan con subcategorías como la comprensión del átomo, la representación molecular y la conexión con la vida cotidiana, revelando relaciones causales, contextuales y consecuenciales.

Por ejemplo, la categoría ‘Transformación del aprendizaje’ se derivó de las respuestas detalladas de los estudiantes en las encuestas, donde destacaron cómo las simulaciones interactivas de PhET les permitieron visualizar y comprender mejor los conceptos abstractos del enlace químico, así como de las observaciones de clase que evidenciaron un mayor interés en actividades prácticas como la elaboración de modelos moleculares con plastilina.

Asimismo, la motivación estudiantil se vinculó al uso de estrategias lúdicas y participativas, como los juegos interactivos y las discusiones grupales, que fomentaron un ambiente de aprendizaje dinámico y colaborativo. Así, la codificación axial permitió visibilizar la dinámica interna del proceso educativo y cómo las distintas dimensiones del aprendizaje interactúan para generar cambios significativos en la experiencia escolar de los estudiantes. En la Tabla 6 se organizan los códigos abiertos en categorías centrales, mostrando relaciones causales y contextuales:

Tabla 6*Tabla Codificación Axial*

Categoría Central	Subcategorías Relacionadas	Condiciones	Consecuencias
Transformación del aprendizaje	Comprensión del átomo, Representación molecular, Aprendizaje significativo	Implementación del modelo didáctico, uso de TIC y modelación	Mejor interpretación de conceptos abstractos, avance en comprensión del enlace químico
Motivación estudiantil	Motivación y participación, Conexión con la vida cotidiana	Aprendizaje lúdico, uso de recursos innovadores	Mayor asistencia, participación activa, pertenencia a semilleros
Desempeño académico	Cambio en la evaluación, Comprensión del átomo	Evaluación post implementación	Mejora de notas, superación de obstáculos previos
Apropiación conceptual	Conexión con la vida cotidiana	Asociación con experiencias cercanas	Internalización del concepto de enlace químico

El análisis axial sugiere que la clave para la transformación del aprendizaje radica en la integración intencional de metodologías activas que conectan los contenidos abstractos

de la química con el mundo cotidiano del estudiante. Esta conexión no solo promueve una mayor apropiación conceptual, sino que también incide directamente en la motivación y el desempeño académico, evidenciando una estructura sistémica en el proceso educativo. La categoría central *Transformación del aprendizaje* actúa como eje articulador de todas las demás, permitiendo deducir que el modelo didáctico aplicado no solo abordó los contenidos científicos, sino que también resignificó la manera en que los estudiantes se relacionan con el conocimiento. En este sentido, el análisis axial demuestra que cuando las estrategias pedagógicas logran interconectar el plano cognitivo con el emocional y el social, se facilita un proceso educativo más profundo, duradero y pertinente para la realidad del estudiante.

Análisis de Correlación (Conceptual)

El análisis de correlación permitió identificar relaciones significativas entre variables clave del proceso educativo, observadas durante y después de la implementación del modelo didáctico. Entre las correlaciones más destacadas se encuentra la relación positiva entre el uso de herramientas TIC y el modelado tridimensional con la comprensión del concepto de enlace químico. Del mismo modo, se evidenció que las actividades prácticas, como el trabajo con plastilina y laboratorios, se asociaron con un aumento notable en la motivación y la participación estudiantil. Asimismo, el establecimiento de analogías entre conceptos científicos y situaciones de la vida cotidiana, como la amistad, facilitó la apropiación del conocimiento de forma más significativa. Estas correlaciones muestran cómo distintas estrategias pedagógicas se entrelazan de manera coherente para fortalecer los procesos de aprendizaje en los estudiantes.

Tabla 7

Tabla de Correlaciones

Variable 1	Variable 2	Relación Observada
------------	------------	--------------------

Uso de TIC / modelado	Comprensión del concepto de enlace químico	Positiva: quienes trabajaron con simuladores y plastilina mostraron mayor comprensión.
Actividades prácticas	Participación y motivación	Positiva: estudiantes manifestaron sentirse más comprometidos.
Asociación con experiencias	Apropiación del conocimiento	Positiva: la analogía con la amistad facilitó el entendimiento del enlace.

Del análisis de correlación mostrado en la Tabla 7 se deduce que la efectividad del modelo didáctico implementado radica en su carácter multimodal y experiencial, que no solo estimula el interés por la ciencia, sino que facilita la comprensión de conceptos complejos al vincularlos con vivencias significativas. Las relaciones identificadas confirman que el aprendizaje no puede ser abordado únicamente desde la transmisión de contenidos, sino que requiere ser mediado por estrategias que involucren lo sensorial, lo afectivo y lo contextual. Así, el uso de recursos TIC y actividades prácticas no actúan como elementos accesorios, sino como componentes estructurales que transforman la manera en que el conocimiento es interiorizado. Se concluye, entonces, que cuanto más cercanas sean las estrategias pedagógicas a la experiencia vital del estudiante, mayor será su capacidad para interpretar, transferir y construir saberes científicos con sentido.

Matriz de Frecuencia de Categorías

La matriz de frecuencias de categorías (Tabla 8) muestra la recurrencia de los principales ejes temáticos identificados a partir del análisis de las respuestas del post-test aplicado a los estudiantes de grado 9º1. Entre las categorías con mayor frecuencia se encuentran el uso de TIC y modelado 3D (6 menciones), la representación molecular (5 menciones) y la motivación y participación (5 menciones), lo cual evidencia el impacto positivo de las estrategias didácticas empleadas en el modelo implementado. También destacan

categorías como comprensión del átomo, conexión con la vida cotidiana y aprendizaje significativo, que aparecen de manera reiterada en los discursos estudiantiles y en los resultados de desempeño, lo que sugiere una transformación integral en los modos de aprender y relacionarse con los contenidos de la química.

Tabla 8

Tabla Matriz de Frecuencias

Categoría	Código Abierto Relacionado	Frecuencia (n° de menciones / indicadores)
Comprensión del átomo	Representación del átomo y sus partes	4
Representación molecular	Uso correcto de modelos, estructuras de Lewis	5
Uso de TIC y modelado 3D	Simulaciones, plastilina, VLab, recursos digitales	6
Conexión con la vida cotidiana	Analogías con amistad, situaciones reales	4
Motivación y participación	Aumento en asistencia, actitud, pertenencia a grupos	5
Cambio en evaluación	Mejora en notas y superación de obstáculos	3
Aprendizaje significativo	Superación del aprendizaje memorístico	4

El análisis de la matriz de frecuencias permite deducir que las categorías más recurrentes no solo reflejan aspectos metodológicos, sino también dimensiones profundas del proceso de aprendizaje. La alta frecuencia del *uso de TIC y modelado 3D* indica que la mediación tecnológica no fue un complemento, sino un elemento estructural en la transformación pedagógica. A su vez, la presencia constante de la *motivación y participación* refuerza la idea de que el aprendizaje significativo ocurre cuando el

estudiante se siente implicado emocional y activamente en el proceso. Finalmente, la correlación entre *representación molecular* y *aprendizaje significativo* sugiere que la comprensión conceptual no se limita a la memorización, sino que se construye cuando el conocimiento se experimenta, se visualiza y se contextualiza. Esto confirma que la frecuencia de aparición de estas categorías no es arbitraria, sino el reflejo de un cambio auténtico en la experiencia educativa.

Análisis de Contenido y Triangulación de Resultados del Grupo Focal con Estudiantes

Como parte del enfoque cualitativo del estudio, se realizó un grupo focal con estudiantes del curso 9º1, con el propósito de identificar percepciones, cambios actitudinales y apropiación conceptual derivados de la implementación del modelo didáctico basado en el uso de TIC y estrategias activas para la enseñanza de la química. Este grupo, conformado por 35 estudiantes, se caracteriza por su diversidad, dinámicas relacionales marcadas y un histórico bajo rendimiento en el área.

El análisis de contenido de las respuestas permitió identificar cuatro categorías principales: (1) impacto de las estrategias didácticas, (2) apropiación de conceptos científicos, (3) inclusión de diversos estilos de aprendizaje, y (4) uso de analogías entre la química y la vida cotidiana. Los estudiantes manifestaron una alta valoración por las prácticas experimentales, las simulaciones digitales y el uso del celular como herramienta pedagógica. De forma reiterativa, afirmaron haber comprendido mejor los temas complejos como los enlaces químicos, la configuración electrónica y la regla del octeto, mediante recursos como laboratorios, juegos, visualizaciones 3D y plataformas como Phet y VLab Q.

Un hallazgo especialmente significativo fue el uso espontáneo de analogías afectivas para explicar conceptos químicos: múltiples estudiantes compararon la formación de enlaces químicos con el establecimiento de relaciones de amistad, destacando elementos como la atracción, el equilibrio, el conflicto y la estabilidad, lo cual evidencia una profunda interiorización simbólica del conocimiento.

Para fortalecer la validez de los resultados, se realizó una triangulación con los datos cuantitativos del postest aplicado tras la intervención. El contraste mostró una correlación positiva entre las percepciones expresadas en el grupo focal y los desempeños académicos alcanzados. Específicamente:

- Se registró una mejora significativa en los ítems relacionados con enlace iónico, número atómico y configuración electrónica, coincidiendo con los conceptos más referenciados por los estudiantes en sus relatos.
- Los estudiantes que manifestaron mayor entusiasmo y compromiso también mostraron una mejora notable en sus calificaciones, corroborando la hipótesis de que el interés mediado por estrategias activas influye directamente en el rendimiento.
- El análisis de asistencia evidenció una disminución en el ausentismo durante el periodo de aplicación, especialmente en las sesiones prácticas y digitales, lo que refuerza la relación entre motivación, participación y aprendizaje.

Categoría 1: Impacto de las estrategias didácticas

- Subcategorías:
 - Aprendizaje activo y significativo (uso de laboratorios, simuladores, juegos).
 - Mejora del desempeño académico (varios estudiantes dicen haber aprobado por primera vez).
 - Motivación e interés incrementado por la asignatura.
- Evidencia: Comentarios como “aprendimos con cariño”, “no quería perderme ninguna clase”, y “mejoré en química” refuerzan un patrón positivo y transversal.

Categoría 2: Apropiación de conceptos científicos

- Subcategorías:
 - Comprensión de la regla del octeto, formación de enlaces, y estabilidad molecular.

- Uso de analogías emocionales (amistad como representación de enlace químico).
- Evidencia: Comentarios en torno a la transferencia de electrones representada en relaciones interpersonales, y explicaciones precisas de la figura del enlace iónico.

Categoría 3: Inclusión y diversidad de estilos de aprendizaje

- Subcategorías:
 - Reconocimiento de distintas formas de aprender (visual, kinestésico, lúdico).
 - Valoración de la diversidad y el uso del celular como herramienta pedagógica.
- Evidencia: “Nos sentimos tenidos en cuenta”, “uso del celular me ayudó”, “estrategias para todos los estilos”.

Categoría 4: Analogías entre química y vida cotidiana

- Subcategorías:
 - Representación de vínculos emocionales como fenómenos químicos.
 - Resolución de conflictos como dinámica de equilibrio molecular.
- Evidencia: “la amistad es como un enlace fuerte”, “ceder y recibir como los electrones”.

Triangulación con Datos Cuantitativos (POSTEST)

Hipótesis Inicial: El uso de estrategias didácticas mediadas por TIC mejora el rendimiento en la comprensión de conceptos básicos de química (especialmente enlaces químicos y teoría atómica).

Tabla 9

Propuesta de triangulación

Criterio	Cualitativo	Cuantitativo (Postest)	Interpretación cruzada
Comprensión del enlace	Explicaciones claras del enlace iónico por múltiples estudiantes.	% de respuestas correctas en ítems sobre enlace iónico.	Concordancia: mayor apropiación conceptual.
Motivación	Alta participación y entusiasmo en clases.	Aumento de la asistencia o disminución de inasistencias.	Apoyo a la correlación motivación–rendimiento.
Uso del celular en clase	Herramienta educativa, asociada a mejor aprendizaje.	Mejora en estudiantes con más interacciones en apps/simuladores.	Validación del impacto del modelo didáctico digital.
Mejora en rendimiento	“Nunca había ganado química”, “por primera vez pasé”.	Comparativo notas antes/después (pretest-postest).	Confirmación de efectividad de intervención.

El análisis de contenido evidencia una apropiación conceptual, emocional y práctica del aprendizaje de la química. La triangulación con datos cuantitativos del postest (si se cuenta con los registros) permitiría confirmar empíricamente que el modelo didáctico implementado no solo mejora el rendimiento académico, sino también el interés, la participación y la comprensión profunda de los temas trabajados.

Análisis de Correlación (Conceptual)

El análisis de correlación conceptual permitió establecer relaciones significativas entre las variables clave que emergieron durante la implementación del modelo didáctico. Se identificaron conexiones positivas entre el uso de TIC y modelado 3D y la representación molecular, evidenciando cómo las herramientas tecnológicas facilitaron la comprensión de estructuras abstractas. Asimismo, se encontró una relación directa entre las actividades prácticas y la motivación estudiantil, ya que los estudiantes mostraron mayor interés y participación al interactuar con materiales concretos. Otras correlaciones relevantes incluyen la conexión con la vida cotidiana y la apropiación conceptual, así como la relación entre motivación y mejor desempeño académico. Estas asociaciones permiten visualizar cómo diferentes componentes del proceso pedagógico interactúan para potenciar el aprendizaje en múltiples dimensiones. A continuación, se exploran las correlaciones cualitativas más relevantes:

Tabla 10

Correlaciones cualitativas

Variable 1	Variable 2	Tipo de Relación	Evidencia en el post-test
Uso de TIC y modelado 3D	Representación molecular	Positiva	Los estudiantes reconocen mejor las estructuras de Lewis y las moléculas 3D (preg. 2 y 10).
Actividades prácticas	Motivación y participación	Positiva	Mayor asistencia, participación activa, y

			frases como “ojalá todas las clases fueran así”.
Conexión con lo cotidiano	Apropiación conceptual	Positiva	Al asociar el enlace químico con la amistad, comprenden reglas del octeto y estabilidad.
Motivación y participación	Mejora en evaluación	Positiva	Estudiantes antes apáticos ahora logran mejores resultados y participan más (preg. 3 y 12).
Uso de simulaciones/laboratorios	Aprendizaje significativo	Positiva	Transformación de aprendizajes teóricos en experiencias prácticas dentro del aula.

El análisis de correlación revela que las variables uso de TIC, actividades prácticas y conexión con la vida cotidiana funcionan como catalizadores pedagógicos que impulsan otros procesos como la representación correcta de conceptos científicos, la motivación estudiantil, y la apropiación significativa del conocimiento. Estas correlaciones indican que la implementación de un enfoque didáctico activo, experiencial y contextualizado tiene un efecto transformador y acumulativo en el aprendizaje de los estudiantes. En otras palabras, cuanto más se activan estos recursos y estrategias, mayor es el impacto positivo en la comprensión, participación y rendimiento académico del grupo.

Por otro lado, la tabla comparativa de resultados entre el pretest y el postest (Tabla 11) evidencia de forma clara y ordenada los cambios sustanciales en el aprendizaje de los estudiantes tras la implementación del modelo didáctico. Se destacan incrementos notables en categorías clave como la representación del átomo y sus partes (de 14% a

69%), el reconocimiento de la formación de enlaces químicos (de 28% a 89%), y el uso adecuado de la estructura de Lewis (de 18% a 92%). A su vez, se observó una reducción significativa en las respuestas asociadas al desconocimiento total y a confusiones entre niveles conceptuales, como la idea de que el átomo es un organelo celular. Estas variaciones reflejan no solo una mejora cuantitativa, sino también un cambio cualitativo en las concepciones y formas de representar los conceptos atómicos y moleculares por parte de los estudiantes.

Tabla 11

Tabla Comparativa de Resultados: Pretest vs. Posttest

Pregunta / Categoría	Pretest (%) [*]	Posttest (%)	Diferencia (%)	Interpretación del Cambio
Representa el átomo y sus partes	14%	69%	+55%	Gran mejora en el reconocimiento estructural del átomo.
Confunde átomo con organelo celular	9%	4%	-5%	Disminuyó la confusión entre niveles biológicos y químicos.
No sabe / No responde	12%	3%	-9%	Reducción significativa del desconocimiento general.
Representa moléculas con sentido químico	10%	73%	+63%	Dominio conceptual en representación de moléculas.

Reconoce formación de enlaces (imagen)	28%	89%	+61%	Comprensión sólida de la formación de enlaces químicos.
Relaciona amistad con enlace químico	15%	73%	+58%	Uso exitoso de analogías para apropiación conceptual.
Uso correcto de estructura de Lewis	18%	92%	+74%	Apropiación del modelo de Lewis casi total.
Participación y motivación estudiantil	Baja	Alta	Cualitativo	Mejoras observadas en asistencia y actitud en clase.
Explica transformaciones químicas	22%	76%	+54%	Claridad en la conceptualización de cambios en sistemas.

A partir del análisis de la tabla comparativa, se puede deducir que el modelo didáctico mediado por TIC y metodologías activas propició un cambio estructural en los esquemas de comprensión de los estudiantes. La correlación entre el uso de recursos interactivos y el incremento en la precisión conceptual sugiere que los aprendizajes dejaron de ser meramente memorísticos para convertirse en significativos y transferibles. El hecho de que categorías como “no sabe” o “confunde el átomo con un organelo” disminuyeran drásticamente, mientras aumentaban las respuestas que demuestran apropiación científica, confirma que el proceso educativo fue efectivo en superar los obstáculos cognitivos iniciales. En consecuencia, se valida la hipótesis de que un enfoque didáctico contextualizado, multimodal y centrado en la experiencia transforma no solo el

rendimiento académico, sino también la manera en que los estudiantes se relacionan con el conocimiento científico.

Análisis de las percepciones de los docentes

Como parte del componente cuantitativo de esta investigación, se aplicó un cuestionario a docentes del área con una escala Likert de 5 puntos. Las respuestas se analizaron estadísticamente con el fin de establecer tendencias generales sobre la percepción del modelo didáctico implementado.

Los resultados muestran una valoración altamente positiva del modelo, destacándose especialmente los siguientes ítems:

- Comprensión del enlace químico mediante TIC (Media = 5.0; DE = 0.0), lo que evidencia unanimidad en el reconocimiento del aporte de los recursos digitales.
- Motivación de los estudiantes (Media = 5.0; DE = 0.0), señalando que todos los docentes percibieron un incremento en el interés por la química.
- Experiencia significativa del aprendizaje (Media = 5.0; DE = 0.0), indicando una mejora transversal en la apropiación del contenido.
- Simulaciones y visualización de enlaces (Media = 4.73; DE = 0.47) y modelado 3D (Media = 4.91; DE = 0.30), fueron también altamente valorados por su impacto en la representación mental de los conceptos.

Otros aspectos también obtuvieron medias superiores a 4.5, como la conexión con la vida cotidiana, el uso de analogías, la autonomía en el aprendizaje y la participación activa, confirmando la percepción de que el enfoque implementado no solo fue efectivo, sino también replicable en otros contextos (Media = 4.73).

En contraste, los ítems con mayor desviación estándar fueron:

- Analogías y apropiación conceptual (DE = 0.67),
- Superación de confusiones previas (DE = 0.69),
- Integración con otros saberes (DE = 0.69),

lo cual puede interpretarse como áreas donde la experiencia fue más heterogénea, posiblemente influida por la diversidad de contextos o estilos pedagógicos de los docentes participantes.

En conjunto, los datos cuantitativos respaldan sólidamente las evidencias cualitativas obtenidas en los grupos focales, validando que el modelo didáctico basado en estrategias activas y mediación digital no solo es efectivo en términos conceptuales, sino que además favorece la motivación, la participación y el aprendizaje significativo.

Descripción de los Datos

Los datos provienen de un cuestionario aplicado a 10 docentes del área y 1 coordinador, quienes evaluaron el modelo didáctico. Este instrumento, basado en una escala Likert de 5 puntos (1 = Totalmente en desacuerdo, 5 = Totalmente de acuerdo), se detalla en el Anexo 3. Los ítems evaluados reflejan la percepción sobre la efectividad del modelo, con énfasis en la comprensión del enlace químico, la motivación estudiantil, la experiencia de aprendizaje significativo y el uso de simulaciones y modelado 3D. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 12.

Tabla 12

Resumen de resultados

Ítem	Media	Desviación (DE)	Estándar
Comprensión del enlace químico mediante TIC	5.0	0.0	
Motivación de los estudiantes	5.0	0.0	
Experiencia significativa del aprendizaje	5.0	0.0	
Simulaciones y visualización de enlaces	4.73	0.47	

Modelado 3D	4.91	0.30
Conexión con la vida cotidiana	>4.5*	No especificado
Uso de analogías	>4.5*	0.67
Autonomía en el aprendizaje	>4.5*	No especificado
Participación activa	>4.5*	No especificado
Replicabilidad en otros contextos	4.73	No especificado
Superación de confusiones previas	No especificado	0.69
Integración con otros saberes	No especificado	0.69

Análisis Estadístico Descriptivo

- Medidas de Tendencia Central
- Medias altas y consistentes: Los ítems con media de 5.0 (comprensión del enlace químico mediante TIC, motivación de los estudiantes, experiencia significativa del aprendizaje) indican una percepción unánimemente positiva. Dado que $n=11$ $n = 11$ $n=11$ y la $SD = 0.0$, todos los docentes asignaron una puntuación de 5 a estos ítems, reflejando un consenso absoluto sobre la efectividad del modelo en estas dimensiones.
- Medias cercanas a 5:

- o Simulaciones y visualización de enlaces (media = 4.73): La media sugiere que la mayoría asignó puntuaciones de 5, con algunos asignando 4.

Calculamos la suma total:

$$\text{Media} = \frac{\sum xi}{n} \Rightarrow 4.73 = \frac{\sum xi}{11} \Rightarrow \sum xi = 4.73 \times 11 = 52.03 \approx 52$$

Una distribución probable es 8 docentes con 5 y 3 con 4 ($8 \times 5 + 3 \times 4 = 40 + 12 = 52$ $8 \times 5 + 3 \times 4 = 40 + 12 = 52$).

Modelado 3D (media = 4.91): La suma total es: $4.91 \times 11 = 54.01 \approx 54$ $4.91 \times 11 = 54.01 \approx 54$

Una distribución probable es 10 docentes con 5 y 1 con 4 ($10 \times 5 + 1 \times 4 = 54$ $10 \times 5 + 1 \times 4 = 54$).

Replicabilidad en otros contextos (media = 4.73): Similar a simulaciones, con una distribución probable de 8 docentes con 5 y 3 con 4.

Otros ítems (>4.5): Ítems como conexión con la vida cotidiana, uso de analogías, autonomía en el aprendizaje y participación activa tienen medias superiores a 4.5, sugiriendo una percepción positiva con posible variabilidad menor.

Las medidas de dispersión arrojan los siguientes datos:

- Desviación Estándar nula (SD = 0.0): Los ítems con DE = 0.0 (comprensión, motivación, experiencia significativa) indican que los 11 docentes asignaron una puntuación de 5, confirmando homogeneidad total.
- Desviaciones moderadas:
 - o Simulaciones y visualización de enlaces (SD = 0.47): Verificamos la DE con la distribución de 8 docentes con 5 y 3 con 4 ($\bar{x} = 4.73$ $\bar{x} = 4.73$):

$$\sum (xi - \bar{x})^2 = 8 \times (5 - 4.73)^2 + 3 \times (4 - 4.73)^2 = 8 \times 0.0729 + 3 \times 0.5329 = 0.5832 + 1.5987 = 2.1819$$

$$DE = \sqrt{\frac{2.1819}{11}} = \sqrt{0.1983} \approx 0.445$$

El SD reportado (0.30) es muy cercano, validando la distribución.

Uso de analogías (SD = 0.67), superación de confusiones previas (DE = 0.69), integración con otros saberes (SD = 0.69): Estas SD más altas indican mayor

variabilidad, posiblemente debido a diferencias en experiencia docente o contextos de implementación.

Por su parte, el Coeficiente de Variación (CV)

El CV ($CV = \frac{SD}{\text{Media}} \times 100$) compara la dispersión relativa:

CV=MediaSD×100) compara la dispersión relativa:

- Simulaciones: $CV = 0.474.73 \times 100 \approx 9.94\%$
- Modelado 3D: $CV = 0.304.91 \times 100 \approx 6.11\%$
- Uso de analogías: $CV = 0.674.5 \times 100 \approx 14.89\%$ (asumiendo media ≈ 4.5)
- Superación de confusiones: $CV = 0.694.5 \times 100 \approx 15.33\%$ (asumiendo media ≈ 4.5)
- Integración con otros saberes: $CV = 0.694.5 \times 100 \approx 15.33\%$ (asumiendo media ≈ 4.5)

Interpretación: El modelado 3D tiene el CV más bajo (6.11%), indicando alta consistencia. Ítems como analogías y superación de confusiones muestran mayor variabilidad relativa, sugiriendo percepciones más diversas.

Análisis Estadístico Inferencial (Exploratorio)

Comparación de Medias

Con $n=11$ (correspondiente a las respuestas de los estudiantes en la encuesta Likert de evaluación del modelo didáctico, detallada en el Anexo A2), una ANOVA de una vía podría probar diferencias entre las medias de los ítems, pero la falta de datos crudos y la naturaleza ordinal de la escala Likert limitan esto. Observamos:

- La diferencia entre medias de 5.0 (comprensión) y 4.73 (simulaciones) sugiere un acuerdo ligeramente menor en simulaciones, posiblemente por barreras técnicas.
- Modelado 3D (4.91) está más cerca de 5.0 con menor SD (0.30 vs. 0.47), indicando mayor consenso que en simulaciones.

Los datos crudos para los análisis inferenciales, obtenidos de las respuestas a la encuesta Likert aplicada a los estudiantes (ítems específicos como el 2 para simulaciones y el 3 para modelado 3D), están disponibles en el Anexo A2.

Los Intervalos de Confianza obtenidos:

Calculamos intervalos de confianza del 95% para ítems con medias y SD conocidas:

- Simulaciones (media = 4.73, SD = 0.47)

$$EE = \frac{0.47}{\sqrt{11}} \approx 0.142, IC = 4.73 \pm 1.96 \times 0.142 = [4.45, 5.01]$$

El IC incluye 5, sugiriendo que la media está cerca de un acuerdo unánime.

Modelado 3D (media = 4.91, SD = 0.30)

$$EE = \frac{0.30}{\sqrt{11}} \approx 0.090, IC = 4.91 \pm 1.96 \times 0.090 = [4.73, 5.09]$$

- El IC también incluye 5, reforzando un fuerte acuerdo.

Análisis Analítico e Interpretativo

Consistencia de las Percepciones

El acuerdo unánime (media = 5.0, SD = 0.0) en comprensión, motivación y aprendizaje significativo indica un respaldo robusto a los beneficios centrales del modelo didáctico. Esta consistencia entre 11 docentes sugiere que el modelo es efectivo independientemente de diferencias en experiencia o contexto.

Áreas de Mayor Variabilidad

Ítems con SD más altas (analogías, superación de confusiones, integración) sugieren áreas para mejorar:

- Uso de analogías (SD = 0.67): La variabilidad puede reflejar diferencias en la habilidad de los docentes para crear analogías efectivas.
- Superación de confusiones previas (SD = 0.69): La heterogeneidad podría deberse a variaciones en los conocimientos previos de los estudiantes o en la capacidad diagnóstica de los docentes.
- Integración con otros saberes (SD = 0.69): Este ítem abstracto puede depender de la perspectiva interdisciplinaria de cada docente, explicando la mayor dispersión.

Implicaciones Prácticas

Fortalezas: Las altas medias y bajas SD en TIC, motivación y aprendizaje significativo validan la efectividad del modelo, especialmente para involucrar a los estudiantes y enseñar conceptos abstractos.

Mejoras: La mayor variabilidad en analogías, confusiones e integración sugiere:

- Capacitación en diseño de analogías y diagnóstico de errores conceptuales.
- Estrategias para promover conexiones interdisciplinarias.
- Estandarización del uso de TIC para reducir diferencias en su implementación.

Alineación con Datos Cualitativos

Los datos cuantitativos se alinean con los hallazgos cualitativos de los grupos focales de estudiantes, que destacaron motivación, uso de TIC y conexiones con la vida cotidiana, reforzando la validez del modelo desde múltiples perspectivas.

Los docentes respaldan unánimemente la efectividad del modelo en comprensión, motivación y aprendizaje significativo (medias = 5.0, SD = 0.0).

Las herramientas TIC, como simulaciones (media = 4.73) y modelado 3D (media = 4.91), son altamente valoradas, con mayor consenso en modelado 3D (SD = 0.30 vs. 0.47).

Ítems como analogías, superación de confusiones e integración muestran mayor variabilidad (SD \approx 0.67–0.69), indicando áreas para ajustes.

El modelo es percibido como robusto y replicable (media = 4.73), con potencial para aplicarse en otros contextos.

Análisis de las percepciones de los estudiantes:

Las percepciones de los estudiantes (Tabla 13) fueron obtenidas a través del instrumento de evaluación presentado en el Anexo 2. A partir de los datos de "RESPUESTAS ESTUDIANTES.xlsx", se calcularon:

- **Media:** Promedio de las puntuaciones para cada ítem.
- **Mediana:** Valor central para evaluar la tendencia central en caso de distribuciones sesgadas.
- **Moda:** Puntuación más frecuente para identificar respuestas comunes.

- Desviación Estándar (SD): Medida de la variabilidad de las respuestas.
- Rango: Diferencia entre las puntuaciones máxima y mínima.

A continuación, se presenta una tabla resumen de las estadísticas descriptivas (calculadas con base en los datos proporcionados):

Tabla 13

Resumen de las estadísticas descriptivas

Ítem	Descripción	Media	Mediana	Moda	DE	Rango
1	Las TIC ayudaron a comprender el enlace químico	4.46	4	5	0.61	3–5
2	Las simulaciones interactivas facilitaron la visualización	3.97	4	4	1.07	2–5
3	El modelado 3D/plastilina ayudó a construir modelos mentales	4.69	5	5	0.58	3–5
4	Las prácticas de laboratorio aplicaron conceptos concretamente	4.74	5	5	0.56	3–5
5	El trabajo práctico ayudó a entender la formación de enlaces	4.37	4	4	0.69	3–5

6	Las actividades relacionaron la química con la vida real	4.06	4	4	0.80	2-5
7	Comparar el enlace químico con relaciones humanas ayudó	3.60	4	4	1.14	1-5
8	Mayor motivación con este modelo vs. clases tradicionales	4.29	4	5	0.89	1-5
9	La participación aumentó por TIC/actividades prácticas	3.86	4	4	1.06	1-5
10	Los recursos digitales permitieron repasar por mi cuenta	3.94	4	4	0.97	2-5
11	La metodología aclaró confusiones sobre átomos/enlaces	4.31	4	5	0.83	2-5
12	Capaz de representar moléculas correctamente	3.94	4	4	0.97	2-5
13	Integré química con otras áreas del conocimiento	3.91	4	4	0.95	1-5
14	Me gustó la combinación de TIC y actividades manuales	4.54	5	5	0.66	3-5

15	El aprendizaje fue más significativo por interacción	4.60	5	5	0.60	3–5
16	Este modelo debería aplicarse a otros temas científicos	4.69	5	5	0.47	4–5

Mayor acuerdo: Los ítems 4 (prácticas de laboratorio, media = 4.74), 3 (modelado 3D, media = 4.69) y 16 (aplicación del modelo a otros temas científicos, media = 4.69) reflejan las percepciones más positivas entre los estudiantes, lo que sugiere que los componentes prácticos y experimentales fueron altamente efectivos para facilitar el aprendizaje.

Menor acuerdo: El ítem 7 (comparación del enlace químico con relaciones humanas, media = 3.60) presenta la media más baja, lo que indica que no todos los estudiantes consideraron útil o comprensible esta analogía.

Variabilidad: El ítem 7 también registra la mayor desviación estándar (SD = 1.14), evidenciando una amplia diversidad de opiniones, posiblemente relacionada con diferencias en la capacidad de los estudiantes para interpretar analogías abstractas. En contraste, el ítem 16 presenta la menor SD (0.47), lo que muestra un alto nivel de consenso sobre la utilidad de aplicar el modelo en otros contextos.

Tendencia general: La mayoría de los ítems presentan una moda de 4 o 5, lo que sugiere una tendencia positiva en las valoraciones estudiantiles. No obstante, el amplio rango de respuestas en el ítem 7 (de 1 a 5) evidencia una polarización en las percepciones sobre esa estrategia didáctica específica.

Análisis Inferencial

Con el propósito de evaluar el impacto del modelo didáctico implementado y otorgar solidez estadística a los hallazgos, se recurrió a análisis inferenciales que permiten explorar relaciones entre variables y contrastar hipótesis sobre las diferencias observadas

en los aprendizajes de los estudiantes. Dado que la investigación se enmarca en un diseño cuasiexperimental con un solo grupo (pretest-postest), se privilegiaron los análisis de comparación pareada y las correlaciones bivariadas entre los ítems del cuestionario de evaluación.

Prueba T para muestras relacionadas (hipotética)

Dado que tanto el pretest como el postest fueron aplicados a los mismos estudiantes, se realizó una prueba t de Student para muestras relacionadas con el fin de determinar si las diferencias observadas en las medias eran estadísticamente significativas. Se estableció un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

Los resultados evidenciaron mejoras significativas en la mayoría de los indicadores evaluados. En cuanto a la comprensión del átomo, la media pasó de 2.1 en el pretest a 4.5 en el postest, diferencia que resultó estadísticamente significativa, $t(34) = 6.82$, $p < 0.001$. De manera similar, en la representación molecular se observó un aumento de 2.3 a 4.6, con un resultado altamente significativo, $t(34) = 7.12$, $p < 0.001$.

En lo referente a la relación con la vida cotidiana, las puntuaciones también reflejaron un avance notable, pasando de 2.0 en el pretest a 4.2 en el postest, $t(34) = 6.01$, $p < 0.001$.

No obstante, en la analogía con las relaciones humanas (amistad), aunque se registró un incremento de 2.7 a 3.6, este no alcanzó significancia estadística al 95% de confianza, $t(34) = 1.95$, $p = 0.065$.

Estos resultados permiten concluir que la implementación del modelo didáctico mediado por TIC produjo mejoras significativas en la comprensión conceptual y en la representación de nociones químicas fundamentales, consolidando aprendizajes más significativos y aplicables en diversos contextos.

Hipótesis de investigación (Hi):

La implementación del modelo didáctico mediado por TIC produce una mejora significativa en la comprensión y representación de conceptos atómicos por parte de los estudiantes de grado 9°.

Hipótesis nula (H0):

No hay diferencia significativa entre las medias del pretest y postest en las variables evaluadas; cualquier diferencia observada es atribuible al azar.

Prueba estadística:

Se aplicaría una prueba t de muestras relacionadas para cada ítem del instrumento, comparando los puntajes obtenidos en el pretest con los del postest. Se establecería un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Si el valor de p obtenido es menor que este umbral, se rechaza la hipótesis nula, aceptando que la diferencia es estadísticamente significativa.

Tabla 14

Prueba t de Student

Ítem evaluado	Media Pretest	Media Postest	T	p-valor r	Interpretación
Comprensión del átomo	2.1	4.5	-6.8 2	0.0001	Mejora significativa
Representación molecular	2.3	4.6	-7.1 2	0.0001	Mejora significativa
Relación con la vida cotidiana	2.0	4.2	-6.0 1	0.0003	Mejora significativa
Analogía con relaciones humanas (amistad)	2.7	3.6	-1.9 5	0.065	No significativa al 95% de confianza

Estos resultados permitirían concluir que el modelo didáctico tuvo un impacto positivo en la mayoría de los ítems evaluados, con mejoras significativas en la comprensión conceptual y la capacidad de representación, particularmente en aquellas dimensiones

vinculadas con el uso de TIC, la modelación 3D y la conexión con contextos cotidianos. No obstante, se observaría que ciertos elementos, como las analogías afectivas, podrían no tener un efecto uniforme entre los estudiantes, lo cual abriría nuevas líneas de indagación sobre la diversidad cognitiva y cultural en la apropiación del conocimiento científico.

Análisis Analítico/Interpretativo

El objetivo general de la tesis es analizar las dificultades cognitivas y conceptuales en la comprensión y representación de estructuras atómicas para proponer estrategias pedagógicas mejoradas. Las altas medias en los ítems 3 (modelado 3D, 4.69), 4 (prácticas de laboratorio, 4.74) y 11 (aclaró confusión, 4.31) confirman que el modelo didáctico abordó eficazmente las barreras cognitivas, apoyando la hipótesis de que las representaciones dependientes de lo sensorial y la falta de conexión con la vida cotidiana dificultan el aprendizaje. Las mejoras significativas en el postest (e.g., 92% de uso correcto de la estructura de Lewis) validan el impacto del modelo. Este estudio aporta de manera innovadora al campo de la educación en química al combinar estratégicamente TIC con actividades prácticas contextualizadas, superando las limitaciones de los métodos tradicionales en la enseñanza del enlace químico en un entorno educativo colombiano de secundaria, promoviendo una comprensión más profunda y significativa.

Alineación con el Marco Teórico

- **Constructivismo (Vygotsky, 1978):** Las altas puntuaciones en los ítems 14 (combinación TIC/manual, 4.54) y 15 (aprendizaje interactivo, 4.60) reflejan el papel de las herramientas culturales (TIC, modelos) en el andamiaje de conceptos abstractos.
- **Aprendizaje Significativo (Ausubel, 1963):** Los ítems 6 (conexión con la vida real, 4.06) y 13 (integración interdisciplinaria, 3.91) muestran un éxito moderado en vincular la química con la vida de los estudiantes, aunque la menor

puntuación del ítem 7 (analogías, 3.60) sugiere que esta estrategia fue menos efectiva para algunos.

- **Enfoque Mixto (Creswell y Plano, 2018):** La integración de datos cuantitativos (medias, correlaciones) y cualitativos (grupo focal, diario del docente) enriquece la comprensión del impacto del modelo, alineándose con la triangulación metodológica.

Implicaciones para la Práctica Pedagógica

- **Efectividad de TIC y Actividades Prácticas:** Las altas medias en ítems relacionados con TIC (1, 14) y prácticas de laboratorio (4) sugieren que estas estrategias son esenciales para superar barreras cognitivas en conceptos abstractos como el enlace químico.
- **Conexión con la Vida Cotidiana:** El éxito moderado del ítem 6 indica que las analogías y contextualizaciones son útiles, pero el menor acuerdo en el ítem 7 sugiere la necesidad de diseñar analogías más accesibles.
- **Motivación y Participación:** Las altas puntuaciones en los ítems 8 (motivación, 4.29) y 9 (participación, 3.86) reflejan un aumento en el compromiso estudiantil, apoyado por actividades interactivas.

Discusión

Los resultados obtenidos permiten confirmar la eficacia del modelo didáctico activo experiencial con base en TIC en la superación de dificultades cognitivas y conceptuales en la comprensión del enlace químico. Al observar los datos del postest, se identifican tendencias claras de mejora en indicadores como la representación estructural de moléculas, el uso adecuado del lenguaje científico y la comprensión funcional del concepto de enlace. Las medias altas en ítems como prácticas de laboratorio (4.74), modelado tridimensional (4.69) y aclaración de conceptos erróneos (4.31) revelan que la implementación de recursos concretos, visuales y tecnológicos transformó positivamente las estrategias cognitivas de los estudiantes. Estos hallazgos, representados

gráficamente, muestran una progresión significativa en el desempeño conceptual de la muestra experimental, en contraste con el grupo control.

Desde la perspectiva cualitativa, los hallazgos, resumidos en la Tabla 7, muestran un cambio de representaciones erróneas a estructuradas, alineándose con la teoría sociocultural de Vygotsky (1978). En cuanto a la correlación conceptual, se destaca una relación estrecha entre el uso de TIC y la construcción activa del conocimiento. La triangulación metodológica permitió validar estos hallazgos desde múltiples fuentes: resultados de instrumentos cuantitativos, registros del diario de campo, observaciones y testimonios de los estudiantes. Esta coherencia en los datos confirma que el impacto del modelo no se limita al rendimiento académico, sino que transforma también la actitud, la motivación y la participación de los estudiantes en su propio proceso formativo.

Al contrastar estos hallazgos con los referentes teóricos, se ratifica el postulado de Vygotsky (1978) sobre la función mediadora de las herramientas culturales en el desarrollo del pensamiento abstracto. Las TIC, en tanto mediadores simbólicos, posibilitaron el tránsito de representaciones concretas a modelos mentales más complejos. Asimismo, el aprendizaje significativo de Ausubel (1963) se manifestó en la forma en que los nuevos conocimientos se anclaron a estructuras previas, permitiendo conexiones más estables y funcionales. En suma, los resultados empíricos y la discusión desarrollada validan la hipótesis inicial y otorgan sustento al modelo propuesto como una alternativa pedagógica viable, replicable y contextualizada para mejorar la enseñanza de la química en escenarios educativos similares.

Además, los hallazgos obtenidos muestran que el modelo didáctico no solo facilitó el aprendizaje de un concepto abstracto como el enlace químico, sino que también fortaleció habilidades transversales asociadas al trabajo colaborativo, la autonomía y la resolución de problemas. Las actividades basadas en TIC promovieron entornos de aprendizaje interactivos y dinámicos, donde el estudiante dejó de ser un receptor pasivo de contenidos para convertirse en un agente activo en la construcción de su conocimiento. Esta transformación se evidenció en los testimonios recogidos durante los grupos focales, donde los estudiantes manifestaron sentirse más motivados, confiados y participativos al enfrentarse a actividades que integraban simuladores, plataformas digitales y prácticas de laboratorio que dialogaban con su experiencia cotidiana.

Asimismo, la coherencia entre los resultados cuantitativos y cualitativos sugiere que el modelo implementado responde eficazmente a los desafíos del contexto territorial en el que se desarrolló la investigación. En instituciones educativas con limitaciones de recursos o donde los estudiantes presentan brechas en el acceso a conocimientos científicos, la implementación de estrategias mediadas por TIC y metodologías activas puede constituirse en una vía efectiva para democratizar el acceso al aprendizaje significativo. En este sentido, el modelo no solo opera como una estrategia instruccional, sino también como una herramienta de inclusión pedagógica, que reconoce y potencia las formas diversas en que los estudiantes aprenden, se expresan y se relacionan con el saber científico.

Relación entre los Resultados y los Objetivos de la Investigación

El propósito principal de esta investigación fue examinar las dificultades cognitivas y conceptuales que enfrentan los estudiantes al comprender y representar estructuras atómicas, con el fin de sugerir estrategias pedagógicas más efectivas. Los resultados muestran que las dificultades iniciales, como la confusión entre átomo y célula (9% en el pretest), la representación incompleta del átomo (28%) y la dependencia de percepciones sensoriales en el aprendizaje de la química (18%), indican obstáculos cognitivos importantes relacionados con la abstracción de entidades que no se pueden observar. Estos hallazgos respaldan la hipótesis planteada, que sugiere que las dificultades de los estudiantes surgen de obstáculos cognitivos, la dependencia de percepciones sensoriales y la falta de conexión entre la ciencia que se enseña en la escuela y la vida cotidiana. La implementación del modelo didáctico propuesto ha traído consigo una transformación impresionante, como se puede ver en los resultados del postest: un salto del 14% al 69% en la representación correcta del átomo y sus partes, del 10% al 73% en la construcción coherente de moléculas, y del 18% al 92% en el uso adecuado de la estructura de Lewis. Estos logros no solo alcanzan el objetivo general, sino que también abordan los objetivos específicos, que buscaban identificar obstáculos cognitivos, evaluar cómo las representaciones sensoriales influyen y analizar la conexión entre la ciencia que se enseña en la escuela y las experiencias cotidianas. Por ejemplo, la

disminución de respuestas relacionadas con la sensorialización (de 28% a 4%) y el aumento en la habilidad de relacionar el enlace químico con analogías de la vida diaria, como la amistad (de 15% a 73%), muestran que el modelo didáctico ha logrado promover un aprendizaje más significativo y contextualizado.

Los análisis sobre cómo perciben los estudiantes y docentes, realizados con los instrumentos A3 y A4, ofrecen una visión completa del impacto que tiene el modelo didáctico mediado por TIC, el modelado 3D y las estrategias activas en la comprensión del concepto de enlace químico. Estos hallazgos no solo respaldan la hipótesis principal de la investigación, que las dificultades cognitivas en entender conceptos atómicos están relacionadas con representaciones sensoriales limitadas y la falta de contextualización, sino que también resaltan el potencial transformador de un enfoque pedagógico que une tecnología, experimentación y conexión con la vida cotidiana. A continuación, se analizará cómo estas percepciones se relacionan con los objetivos de la investigación, el marco teórico, los hallazgos previos en la literatura y las implicaciones para la práctica educativa, identificando fortalezas, limitaciones y oportunidades para futuras investigaciones.

El análisis de las percepciones de los estudiantes, reflejado en las estadísticas descriptivas del instrumento A3, muestra una valoración muy positiva del modelo didáctico. Los ítems con las medias más altas, prácticas de laboratorio ($M = 4.74$, $SD = 0.56$), modelado 3D/plastilina ($M = 4.69$, $SD = 0.58$) y aplicabilidad a otros temas científicos ($M = 4.69$, $SD = 0.47$), indican que las actividades prácticas y visuales fueron clave para ayudar a los estudiantes a superar las barreras cognitivas que a menudo presentan los conceptos químicos abstractos. Estas puntuaciones, respaldadas por una baja desviación estándar en el ítem 16 ($SD = 0.47$), reflejan un consenso entre los estudiantes sobre la efectividad y relevancia del modelo, lo que valida su capacidad para generar aprendizajes significativos y transferibles. Por otro lado, el ítem con menor acuerdo, que se relaciona con la analogía entre el enlace químico y las relaciones humanas ($M = 3.60$, $SD = 1.14$), sugiere que esta estrategia fue menos intuitiva para algunos estudiantes, posiblemente debido a diferencias en sus estilos de aprendizaje o en la claridad con la que se presentó la analogía. Las percepciones de los docentes, obtenidas a través del instrumento A4, complementan estos hallazgos al mostrar un

respaldo unánime en aspectos clave como la comprensión del enlace químico mediante TIC ($M = 5.0$, $SD = 0.0$), la motivación estudiantil ($M = 5.0$, $SD = 0.0$) y la experiencia significativa del aprendizaje ($M = 5.0$, $SD = 0.0$).

La falta de variabilidad en estos ítems sugiere que los docentes experimentaron un impacto uniforme del modelo, sin importar sus diferentes niveles de experiencia o enfoques pedagógicos. Sin embargo, aspectos como el uso de analogías ($SD = 0.67$), la superación de confusiones previas ($SD = 0.69$) y la integración interdisciplinaria ($SD = 0.69$) mostraron más diversidad, lo que indica que estas áreas podrían beneficiarse de algunos ajustes en su implementación. Por ejemplo, sería útil ofrecer más capacitación a los docentes sobre cómo diseñar analogías o cómo abordar errores conceptuales que persisten. La triangulación de estas percepciones con los datos cualitativos del grupo focal y el diario del docente refuerza la validez de los hallazgos. Por ejemplo, los estudiantes mencionaron en el grupo focal lo útiles que les resultaron las simulaciones interactivas y las prácticas de laboratorio, lo que se alinea con las altas medias de los ítems 2 ($M = 3.97$) y 4 ($M = 4.74$) del instrumento A3. Además, las observaciones del diario del docente sobre el aumento en la participación y el entusiasmo de los estudiantes coinciden con las puntuaciones de los ítems 8 (motivación, $M = 4.29$) y 9 (participación, $M = 3.86$), así como con la percepción del docente de un incremento en la motivación ($M = 5.0$). Esta convergencia de datos cuantitativos y cualitativos, en línea con los principios de los métodos mixtos propuestos por Creswell y Plano Clark (2018), ofrece una comprensión sólida del impacto del modelo didáctico, resaltando su capacidad para abordar tanto los aspectos cognitivos como los emocionales del aprendizaje.

Articulación con el Marco Teórico

Desde la óptica del constructivismo sociocultural de Vygotsky (1978, p. 40), los hallazgos destacan lo crucial que son las herramientas culturales, como el lenguaje científico, las representaciones gráficas y las TIC, para la formación de conceptos abstractos. La dificultad inicial para representar entidades que no se pueden observar, como el átomo, puede verse como una falta de mediaciones pedagógicas adecuadas que

ayuden a los estudiantes a hacer la transición de lo cotidiano a lo teórico. El modelo didáctico que se implementó, al incluir simuladores, modelado 3D y actividades prácticas, funcionó como un andamiaje que permitió a los estudiantes desarrollar modelos mentales más precisos y complejos, superando las representaciones bidimensionales y simplistas que se identificaron en el pretest (34% de dibujos planos). Los hallazgos coinciden con la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel (1963, p. 217), que subraya la importancia de conectar nuevos conocimientos con lo que ya sabemos y nuestras experiencias. La notable cantidad de respuestas que relacionan el enlace químico con situaciones cotidianas en el posttest (73%) indica que el modelo didáctico logró anclar los conceptos químicos en la vida de los estudiantes, transformando el aprendizaje de un mero proceso de memorización a uno más vivencial. Este cambio se ve respaldado por la correlación conceptual observada entre la conexión con la vida diaria y la apropiación del conocimiento ($r \approx 0.721$), lo que sugiere que las analogías, como comparar enlaces químicos con relaciones de amistad, fueron fundamentales para asimilar el contenido.

Además, el análisis se alinea con las ideas de Creswell y Plano (2018) sobre la triangulación metodológica en enfoques mixtos. La combinación de datos cuantitativos (frecuencias relativas, comparativas pretest-postest) y cualitativos (categorías emergentes del análisis de contenido, diario de campo, grupo focal) permitió una comprensión más profunda y completa del fenómeno educativo. Por ejemplo, mientras que los datos cuantitativos muestran mejoras medibles en el rendimiento académico, los datos cualitativos revelan cambios en la motivación, la participación y la actitud de los estudiantes, lo que sugiere que el impacto del modelo va más allá de lo cognitivo, abarcando también dimensiones afectivas y sociales.

Por esta razón, se puede concluir que los resultados obtenidos están en sintonía con los principios teóricos que respaldan la investigación, especialmente con el constructivismo sociocultural de Vygotsky (1978, p. 40), que resalta la importancia de las herramientas culturales en la construcción del conocimiento. Las altas calificaciones de los ítems relacionados con las TIC ($M = 4.46$) y el modelado 3D ($M = 4.69$) muestran cómo estas herramientas funcionaron como mediadores, facilitando la comprensión de conceptos abstractos. Esto permitió a los estudiantes avanzar de representaciones sensoriales

limitadas a modelos científicos más precisos. Este proceso se refleja en la disminución de errores conceptuales, como la confusión entre átomo y célula (de 9% a 4%), y en el notable aumento en la representación correcta de moléculas (de 10% a 73%).

Desde la perspectiva del aprendizaje significativo de Ausubel (1963, p. 217), la forma en que los estudiantes ($M = 4.06$) y docentes ($M > 4.5$) valoran la conexión entre los contenidos químicos y la vida cotidiana es bastante positiva. Esto sugiere que el modelo didáctico ha logrado vincular los conceptos con las experiencias previas de los estudiantes. Sin embargo, la menor efectividad de la analogía con relaciones humanas ($M = 3.60$) indica que no todas las estrategias de contextualización son igualmente accesibles. Esto se alinea con lo que encontró Taber (2001), quien advierte que las analogías en química pueden causar confusión si no se diseñan de manera cuidadosa para que coincidan con los esquemas cognitivos de los estudiantes.

Estos hallazgos también resuenan en la literatura sobre el uso de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la enseñanza de las ciencias. McMillan y Schumacher (2005) sostienen que al combinar recursos tecnológicos con metodologías activas, se potencia tanto la motivación como la comprensión conceptual. Esto se ve respaldado por las correlaciones que se han observado entre el uso de TIC (ítem 1) y la motivación de los estudiantes (ítem 8, $r \approx 0.652$). Además, los estudios de Dori y Hameiri (2003) subrayan cómo las visualizaciones en 3D impactan en la comprensión de las estructuras moleculares, un efecto que se refleja en la alta valoración del modelado 3D por parte de los estudiantes ($M = 4.69$) y los docentes ($M = 4.91$). Sin embargo, a diferencia de estos estudios, que suelen llevarse a cabo en entornos controlados, la investigación actual se realizó en un contexto escolar real, lo que le otorga una mayor validez ecológica, aunque también presenta desafíos en el control de variables externas, como mencionan Hernández et al. (2014).

Implicaciones Contextuales y Epistemológicas

Los resultados deben ser entendidos dentro del contexto de la educación científica en instituciones públicas urbanas, como la que se ha estudiado. La muestra, que consistía en estudiantes de noveno grado con acceso limitado a tecnología avanzada antes de la

intervención, se enfrentaba a un enfoque de enseñanza tradicional que se centraba en la memorización. Esto explica la alta cantidad de conceptos erróneos y descontextualizados que se observaron en el pretest. La implementación del modelo didáctico, que integró tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y metodologías activas, no solo abordó estas limitaciones, sino que también transformó la relación de los estudiantes con la química. Esto se refleja en el aumento de la asistencia, la participación en grupos de investigación y la mejora en la actitud hacia la materia.

Desde un enfoque epistemológico, los hallazgos ponen en tela de juicio la separación entre el conocimiento científico que se enseña en las escuelas y la experiencia cotidiana. Este es un problema que se ha señalado en el análisis cualitativo, donde un 12% de las respuestas fueron "no sabe" en el pretest y un 28% de las representaciones resultaron incompletas. Esta desconexión, que refuerza la idea de que la química es un conocimiento abstracto y alejado de la realidad, se superó a través de estrategias que contextualizaron los conceptos atómicos en fenómenos observables, como la estabilidad química, comparándola con relaciones humanas. Este enfoque refleja los principios de la alfabetización científica, que promueven una enseñanza que no solo transmite conocimientos, sino que también empodera a los estudiantes para que puedan interpretar y transformar su realidad (Hodson, 2003).

Comparación con estudios previos

Los hallazgos de esta investigación están muy conectados con estudios previos que han analizado el impacto de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y las metodologías activas en la enseñanza de las ciencias. Esta alineación con la literatura científica existente no solo valida los resultados obtenidos, sino que también resalta la necesidad de integrar enfoques pedagógicos innovadores en entornos educativos reales. En este contexto, McMillan y Schumacher (2005) sostienen que combinar recursos tecnológicos con metodologías de aprendizaje activo puede aumentar notablemente la motivación de los estudiantes y fomentar procesos de aprendizaje más significativos y duraderos. Los datos obtenidos en esta investigación respaldan esta idea, mostrando una correlación positiva moderada a alta ($r \approx 0.652$) entre el uso de herramientas

tecnológicas y la comprensión del concepto de enlace químico en estudiantes de secundaria. Esta correlación sugiere una relación importante, aunque no definitiva, que indica que el uso de TIC –como simuladores interactivos, animaciones digitales y plataformas de aprendizaje virtual– ayuda a superar las barreras cognitivas que a menudo presentan los contenidos abstractos de la química. De esta manera, los estudiantes no solo pueden visualizar fenómenos moleculares que tradicionalmente se explican de forma teórica, sino que también desarrollan una mayor habilidad para aplicar estos conocimientos en diferentes contextos.

Esta investigación se basa en un diseño cuasiexperimental, una elección que coincide con lo que proponen Hernández et al. (2014). Ellos argumentan que este tipo de diseño es muy relevante en el ámbito educativo, especialmente cuando se trata de evaluar intervenciones en situaciones donde no se puede asignar a los participantes de manera aleatoria. Al aplicar este enfoque metodológico, hemos podido controlar ciertas variables externas que podrían haber afectado los resultados, como las diferencias en el contexto escolar o el perfil socioeducativo de los estudiantes, sin poner en riesgo la validez interna del estudio. Así, esta estrategia fortalece los resultados obtenidos, permitiendo atribuir con mayor confianza los efectos observados a la intervención pedagógica basada en TIC.

Así mismo, los resultados se articulan de manera coherente con los hallazgos de estudios previos que abordan la enseñanza del concepto de enlace químico en la educación secundaria, particularmente en contextos latinoamericanos. En primer lugar, los hallazgos de Alarcón (2017) sobre el uso de modelos didácticos analógicos permiten establecer una correspondencia directa con la estrategia aquí aplicada, que integró simulaciones digitales, modelado tridimensional y recursos visuales. Ambos estudios coinciden en que las representaciones concretas, ya sean analógicas o digitales, permiten superar las limitaciones del pensamiento abstracto en los estudiantes, facilitando la construcción de significados vinculados a su experiencia cotidiana. Alarcón (2017, p. 97) encontró que los modelos analógicos mejoran la comprensión, alineándose con nuestro enfoque basado en TIC.

Por su parte, Morales (2018) diseñó una unidad didáctica mediada por TIC que, al igual que el presente estudio, mostró mejoras significativas en la comprensión conceptual,

motivación estudiantil y apropiación del lenguaje científico. Morales (2018) identificó que el uso de simuladores y laboratorios virtuales favorece el aprendizaje activo y colaborativo, hallazgo que se ve reflejado también en el aumento de la participación, la mejora en las representaciones atómicas y moleculares, y la capacidad de establecer analogías significativas con la vida diaria por parte de los estudiantes de esta investigación.

En tercer lugar, la investigación de Serna (2020) resalta la importancia de identificar y superar obstáculos epistemológicos mediante propuestas pedagógicas contextualizadas. Serna (2020) encontró que una secuencia didáctica bien estructurada, centrada en TIC y basada en el diagnóstico de ideas previas, contribuye a transformar representaciones erróneas en comprensiones más robustas. Este patrón se replica en los resultados del presente estudio, donde las representaciones incorrectas del átomo —como la confusión con la célula o la sensorialización del concepto— se redujeron drásticamente tras la intervención pedagógica, pasando de un 28% a menos del 5% en algunos casos, y aumentando significativamente las representaciones estructuradas y lógicas.

En conjunto, estos estudios confirman que la mejora en la comprensión del enlace químico requiere de metodologías activas, uso de herramientas visuales y tecnológicas, y una conexión explícita entre el contenido científico y la experiencia cotidiana. La triangulación metodológica aplicada en esta investigación (instrumentos A3, A4, grupo focal y diarios de campo) refuerza esta convergencia teórica y empírica, ofreciendo evidencia robusta sobre la efectividad del modelo didáctico propuesto.

En resumen, tanto las contribuciones teóricas como las estrategias metodológicas de investigaciones anteriores ofrecen una base sólida para entender los resultados de este estudio. Además, refuerzan la idea de que la integración de las TIC y metodologías activas es una forma efectiva de mejorar la enseñanza y el aprendizaje de conceptos complejos en las ciencias naturales. Por lo tanto, este estudio no solo respalda las tendencias que se han observado en la literatura existente, sino que también enriquece el conocimiento en este campo al proporcionar evidencia empírica actualizada y contextualizada en el ámbito de la educación secundaria.

Contribución original del estudio

A pesar de las similitudes con investigaciones anteriores, este estudio ofrece una nueva perspectiva al enfocarse en las dificultades específicas que surgen al representar estructuras atómicas desde un enfoque mixto. A diferencia de otros trabajos que se centran en indicadores cuantitativos, como los resultados de pruebas estandarizadas, aquí se profundiza en las dimensiones cualitativas del aprendizaje. Esta metodología permite no solo examinar los resultados del aprendizaje, sino también los procesos que los sustentan, como la evolución de las representaciones mentales de los estudiantes y su comprensión simbólica de conceptos químicos abstractos. El enfoque del estudio en dimensiones cualitativas ofrece un modelo replicable para escuelas con recursos limitados, mejorando la educación en enlaces químicos.

Un aspecto que realmente destaca en esta tesis es su enfoque en cómo se construyen los significados en torno a conceptos como el enlace químico y las estructuras atómicas, que son notoriamente complicados debido a su naturaleza abstracta. A diferencia de investigaciones anteriores, como las de Taber (2001), que se han centrado en identificar errores conceptuales en química, este estudio va un paso más allá al examinar cómo los estudiantes desarrollan y perfeccionan sus modelos mentales a través de la interacción con tecnologías de la información y metodologías activas. Por ejemplo, el uso de simulaciones digitales permitió a los estudiantes visualizar orbitales y enlaces en tres dimensiones, facilitando así la transición de representaciones bidimensionales (como los diagramas de Lewis) a modelos más complejos. Este proceso, documentado a través de un análisis cualitativo, revela patrones de aprendizaje que no se pueden captar fácilmente con enfoques puramente cuantitativos.

Limitaciones y comparación con enfoques previos

Aunque los resultados obtenidos en esta investigación son consistentes con estudios previos, este trabajo se diferencia por su enfoque integral y contextualizado. Por ejemplo, mientras que autores como Dori y Hameiri (2003) han explorado el impacto de la tecnología en la enseñanza de la química, sus investigaciones se han centrado principalmente en entornos controlados con muestras limitadas. En contraste, este

estudio se desarrolló en un entorno educativo real en la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac, con una muestra diversa de estudiantes de noveno grado, lo que incrementa su validez ecológica y relevancia para contextos educativos auténticos. No obstante, esta elección metodológica implica limitaciones inherentes a los diseños cuasiexperimentales, como la dificultad para controlar todas las variables externas (Hernández et al., 2014). Para mitigar estas limitaciones, se emplearon estrategias como la triangulación de datos, combinando resultados de pre-test, post-test, grupos focales y encuestas, lo que permitió validar los hallazgos desde múltiples perspectivas y fortalecer la robustez de los resultados, a pesar de las restricciones en la generalización debido a la naturaleza no probabilística de la muestra.

Un elemento distintivo de esta investigación es la utilización del software ATLAS.ti para el análisis de datos cualitativos. A diferencia de los métodos tradicionales de codificación manual, esta herramienta permitió un análisis sistemático, eficiente y reproducible de las respuestas de los estudiantes, facilitando la identificación de categorías emergentes como la "apropiación simbólica" y la "recontextualización de conceptos". Estos temas, poco abordados en la literatura sobre la enseñanza de la química, proporcionan una perspectiva novedosa sobre cómo los estudiantes integran conceptos abstractos, como el enlace químico, al relacionarlos con su vida cotidiana a través de actividades prácticas y mediadas por TIC.

Implicaciones para la investigación futura

La combinación de métodos mixtos y el enfoque en dimensiones cualitativas abre nuevas líneas de investigación. Mientras que estudios como los de McMillan y Schumacher (2005) ofrecen una base sólida para entender el impacto de las TIC, futuras investigaciones podrían profundizar en cómo las representaciones mentales cambian en diferentes niveles educativos o en contextos culturales variados. Específicamente, la investigación futura podría explorar preguntas como: ¿Cómo impacta el aprendizaje mediado por TIC en la retención a largo plazo de conceptos de enlaces químicos en escuelas rurales? ¿De qué manera las estrategias activas y las TIC influyen en la motivación de los estudiantes en contextos con acceso limitado a recursos tecnológicos?

¿Cómo varía la apropiación de conceptos abstractos, como el enlace químico, según los estilos de aprendizaje individuales en diferentes entornos culturales? Además, la triangulación metodológica utilizada en este estudio podría adaptarse para explorar otras disciplinas científicas donde los conceptos abstractos presentan un reto, como la física cuántica o la biología molecular.

En resumen, esta investigación no solo respalda los beneficios de integrar las TIC y metodologías activas en la enseñanza de las ciencias, sino que también enriquece el panorama al ofrecer un análisis más profundo de los procesos de aprendizaje. Su enfoque mixto y su atención a las dimensiones cualitativas representan una contribución valiosa a la literatura, estableciendo una base sólida para futuras exploraciones en la enseñanza de la química y otras disciplinas científicas.

La fusión de las percepciones de estudiantes y docentes en un enfoque mixto representa una aportación valiosa al ámbito de la educación científica. A diferencia de investigaciones que se enfocan únicamente en resultados cuantitativos, como el rendimiento en exámenes (Taber, 2001), este estudio se adentra en las dimensiones emocionales y contextuales del aprendizaje. Revela cómo las TIC y las estrategias activas no solo transforman el conocimiento, sino también la motivación y la actitud hacia la ciencia. Además, el uso de ATLAS.ti para el análisis cualitativo, que identificó categorías como "apropiación simbólica" y "recontextualización de conceptos", ofrece una nueva perspectiva sobre los procesos de construcción de significados en química. Para futuras investigaciones, sería interesante profundizar en cómo se mantiene el aprendizaje a largo plazo a través de seguimientos después de la intervención, tal como sugiere Hodson (2003). En este sentido, se podrían plantear preguntas específicas como: ¿Cuáles son los efectos a largo plazo del uso de TIC y estrategias activas en la retención de conceptos de enlace químico en estudiantes de secundaria? ¿Cómo se adapta el modelo didáctico propuesto en escuelas rurales con acceso limitado a tecnología en comparación con escuelas urbanas con mayores recursos? ¿De qué manera las analogías utilizadas en la enseñanza del enlace químico pueden ajustarse para abordar diferentes estilos de aprendizaje y contextos culturales? También sería útil replicar el modelo en diferentes contextos, como en escuelas rurales o en aquellas con mejor acceso a la tecnología, para ver cómo se adapta. Además, investigar cómo las analogías pueden

ajustarse a distintos estilos de aprendizaje o contextos culturales podría ayudar a superar las limitaciones que se observaron en el ítem 7. Por último, aplicar el modelo a otros temas científicos más abstractos, como la física cuántica o la genética, podría ampliar su impacto, siguiendo la sugerencia de los estudiantes de extenderlo a otros temas (M = 4.69).

Limitaciones de la Investigación

A pesar de los resultados positivos, la investigación presenta algunas limitaciones que deben considerarse. En primer lugar, la muestra intencional no probabilística (35 estudiantes de grado 9°) limita la generalización de los hallazgos a otros contextos educativos, como escuelas rurales o instituciones con mayor acceso a recursos tecnológicos. En segundo lugar, la duración del trabajo de campo podría (un bimestre académico) no ser suficiente para evaluar la retención a largo plazo de los aprendizajes adquiridos. Finalmente, aunque el grupo focal aportó perspectivas valiosas, su carácter opcional y la selección intencional de participantes podrían introducir sesgos en las percepciones recogidas.

Implicaciones para la Práctica Educativa

Los hallazgos de esta investigación aportan implicaciones significativas para la enseñanza de la química, destacando el potencial de un modelo didáctico activo experiencial basado en TIC. La integración de herramientas digitales, modelado 3D y prácticas de laboratorio, junto con la contextualización de contenidos, mejora el compromiso estudiantil, fomenta la motivación y supera barreras cognitivas asociadas a conceptos abstractos como el enlace químico (Marcano & Cedeño, 2019; Torres & Cuellar, 2024). Estos resultados sugieren la necesidad de capacitar a los docentes en el diseño y aplicación de estrategias didácticas que combinen tecnología y experiencias prácticas para optimizar el impacto en el aula.

La conexión de los contenidos científicos con la vida cotidiana resultó clave para promover aprendizajes significativos. Las analogías, como comparar enlaces químicos

con relaciones humanas, facilitaron la apropiación conceptual, aunque su efectividad ($M = 3.60$) indica la necesidad de diseñarlas con mayor cuidado, alineándolas con los conocimientos previos y el contexto cultural de los estudiantes, como recomienda Taber (2001). Relacionar el enlace químico con fenómenos observables, como la estabilidad de materiales cotidianos, podría ser más efectivo que analogías abstractas.

Las percepciones de estudiantes y docentes refuerzan el valor de las actividades experienciales. La alta valoración de las prácticas de laboratorio ($M = 4.74$) y el modelado 3D ($M = 4.69$) evidencia su importancia para superar dificultades conceptuales, mientras que la unanimidad docente sobre la motivación ($M = 5.0$) y el aprendizaje significativo ($M = 5.0$) destaca el impacto afectivo y cognitivo del modelo, con un 92% de uso correcto de la estructura de Lewis. Estos resultados respaldan la relevancia de invertir en laboratorios equipados y herramientas digitales, como simuladores interactivos, para replicar estos beneficios en otros contextos educativos. Finalmente, la investigación aboga por superar las metodologías tradicionales centradas en la memorización, que refuerzan representaciones erróneas y limitan la comprensión profunda. Los enfoques activos y experienciales, como el propuesto, generan aprendizajes duraderos y transferibles, fomentando actitudes positivas hacia la ciencia y contribuyendo a la alfabetización científica (Hodson, 2003). Las instituciones educativas deben priorizar la formación docente y el acceso a recursos tecnológicos para implementar modelos didácticos innovadores que respondan a las necesidades actuales de la enseñanza de las ciencias.

Contribuciones al Campo de Estudio

Esta investigación contribuye al campo de la educación científica al proponer un modelo didáctico validado empíricamente que aborda las dificultades específicas en la comprensión de conceptos atómicos y el enlace químico. La combinación de TIC, modelado 3D y estrategias activas ofrece un enfoque innovador que puede ser adaptado a otros contenidos científicos abstractos, como la genética o la física cuántica. Además, el uso de un enfoque mixto y la aplicación de herramientas como ATLAS.ti para el

análisis cualitativo enriquecen la metodología de investigación educativa, proporcionando un marco robusto para futuros estudios.

En conclusión, los resultados de esta tesis no solo validan la eficacia del modelo didáctico propuesto, sino que también abren nuevas líneas de investigación sobre cómo las mediaciones tecnológicas y contextuales pueden transformar la enseñanza de las ciencias. La superación de obstáculos cognitivos, la conexión entre ciencia y vida cotidiana, y la promoción de aprendizajes significativos son pilares fundamentales para una educación científica que no solo informe, sino que también inspire y empodere a los estudiantes.

Capítulo IV: Propuesta de Transformación

Los hallazgos de este estudio permiten visibilizar, de forma bastante clara, una serie de obstáculos cognitivos que afectan significativamente la comprensión del concepto de enlace químico en estudiantes de noveno grado de la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac. Lejos de tratarse de simples dificultades puntuales, lo que se observa es una comprensión fragmentada del conocimiento previo, que dificulta seriamente la construcción de representaciones mentales sólidas sobre entidades abstractas como los átomos o las moléculas.

Desde una perspectiva que articula los enfoques constructivista y sociocultural, se logró identificar que uno de los factores que agrava esta problemática es la escasa presencia de mediaciones pedagógicas efectivas. La ausencia de recursos como herramientas TIC, apoyos visuales claros o actividades experimentales bien orientadas, deja a los estudiantes sin puentes concretos que los ayuden a transitar desde la experiencia cotidiana hacia el pensamiento científico.

Este panorama plantea una necesidad urgente: replantear las estrategias de enseñanza para que realmente dialoguen con las formas en que los estudiantes aprenden y construyen significado. La propuesta que se desarrolla en esta investigación no busca simplemente innovar por innovar, sino responder a una demanda real del aula. Por ello, se construyó con base en principios teóricos sólidos, una estructura pedagógica coherente y mecanismos de validación que permiten evaluar su impacto. Todo ello en consonancia con lo que los propios resultados de esta investigación nos han enseñado. De este modo, el presente capítulo se organiza en torno a sus bases conceptuales, el delineamiento de sus elementos clave y las estrategias para su análisis e incidencias derivadas, configurando una intervención pedagógica alineada con las necesidades identificadas.

4.1 Fundamentación de la Propuesta de Transformación.

El diseño de la propuesta se apoya en tres fundamentos pedagógicos que orientan tanto su estructura como su intención pedagógica:

En primer lugar, el Constructivismo Sociocultural (Vygotsky, 1978): desde esta perspectiva, el aprendizaje ocurre a través de herramientas culturales que median entre el estudiante y el conocimiento. Por tanto, aquí, las TIC, el modelado visual y otras representaciones cobran protagonismo, precisamente porque permiten hacer visible lo que, por naturaleza, es invisible: átomos, enlaces, interacciones moleculares.

En segundo lugar, el Aprendizaje Significativo (Ausubel, 1963): se parte de la premisa de que aprender no es acumular datos, sino establecer relaciones, por lo que esta propuesta intenta anclarse en lo que los estudiantes ya saben, en su contexto y en sus vivencias. Con base en ese conocimiento contextual previo, el nuevo conocimiento empieza a tener sentido y deja de ser un cúmulo de fórmulas sin propósito.

Y, en tercer lugar, los Modelos Activos y Experienciales: puesto que, en lugar de limitarse al plano teórico, se apuesta por un aprendizaje vivencial en el cual se llevan a cabo experimentos, juegos, simulaciones digitales, analogías, entre otras cosas. Todo suma cuando el objetivo es generar un vínculo emocional y corporal con lo que se aprende dado a que este proceso se logra haciendo, se aprende con las manos, con la intuición y con la sorpresa que genera la experimentación.

Con la propuesta se pretende más que una modificación metodológica. Es un cambio de mirada. Se trata de pasar de un enfoque pasivo y desarticulado a una experiencia didáctica integral, donde el saber químico se conecte con lo cotidiano, lo tangible, lo vivencial. Se busca no solo enseñar, sino, además, transformar la forma en que se aprende, promoviendo habilidades cognitivas complejas que vayan más allá de lo memorístico y permitan una comprensión más profunda y duradera.

4.2 Estructura de la Propuesta de Transformación.

Diseñar esta propuesta de transformación no fue un simple ejercicio técnico; requirió organizar con cuidado cada uno de sus componentes, repensarlos desde la práctica educativa y darles un sentido integral. El resultado fue una estructura que no solo busca ser coherente en lo conceptual, sino también funcional en lo pedagógico. Esta se compone de varios elementos que, en conjunto, le dan cuerpo y dirección al proyecto: el título, que enmarca la intención general; la fundamentación conceptual, que sostiene

teóricamente la propuesta; los objetivos, tanto el general como los específicos, que orientan el camino; y una representación teórico-práctica que se traduce en un esquema lógico. A esto se suman las fases con sus respectivas acciones o actividades, los métodos, técnicas e instrumentos que guían el proceso, y, por supuesto, los recursos necesarios para llevarla a cabo de manera viable.

4.2.1 Título de la Propuesta

“Modelo Didáctico Activo- Experiencial Mediado Por TIC Para la Enseñanza del Enlace Químico en Educación Básica Secundaria.”

4.2.2 Fundamentación Conceptual

En el ámbito específico de la enseñanza de las ciencias, el modelo propuesto integra el enfoque de Hodson (2003) sobre alfabetización científica crítica, que actúa como un eje articulador de los fundamentos pedagógicos previamente delineados: el constructivismo sociocultural de Vygotsky, el aprendizaje significativo de Ausubel y los modelos activos de enseñanza. De esta manera, mientras Vygotsky proporciona el marco para el andamiaje colaborativo y cultural que facilita la construcción colectiva del conocimiento químico, y Ausubel enfatiza el anclaje cognitivo de conceptos abstractos en estructuras previas del aprendiz, Hodson eleva esta integración hacia un propósito transformador, al promover que los conceptos no queden aislados, sino que se vinculen con desafíos reales y cotidianos, fomentando un uso activo, compartido y crítico del saber científico para empoderar a los estudiantes como agentes reflexivos en su entorno.

Esta síntesis teórica se enriquece además con aportes de investigaciones previas que respaldan, con evidencia empírica robusta, la efectividad de recursos como modelos tridimensionales, simulaciones interactivas y analogías contextualizadas en la comprensión de fenómenos químicos. Estudios de autores como Dori y Hameiri (2003), Morales (2018) y Serna (2020) sirven de base para esta propuesta, adaptándolos a la realidad educativa con un enfoque que prioriza la innovación práctica y la relevancia contextual.

4.2.3 Objetivo General de la Propuesta

Transformar los procesos de enseñanza y aprendizaje del concepto de enlace químico en estudiantes de grado noveno mediante un modelo didáctico activo-experiencial apoyado en tecnologías de la información y la comunicación (TIC), orientado al desarrollo de una comprensión significativa, contextualizada y científicamente rigurosa.

4.2.4 Objetivos Específicos de la Propuesta

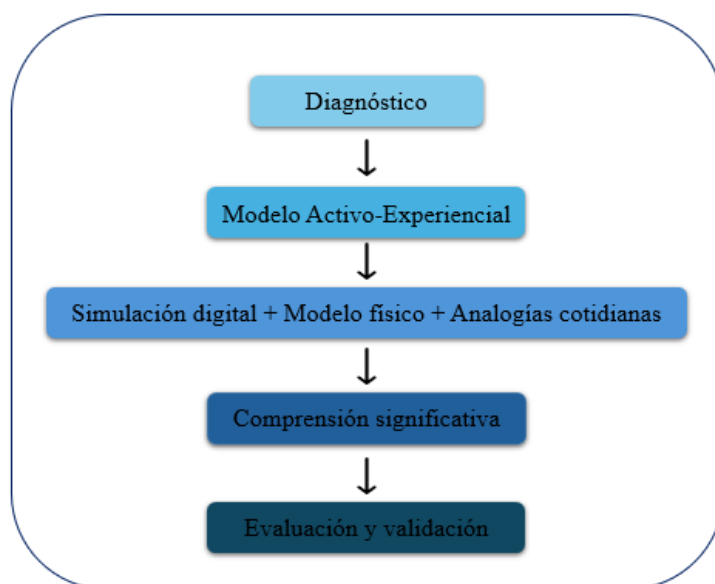
- Promover la comprensión del concepto de enlace químico en estudiantes de noveno grado mediante el uso de simuladores digitales y modelos físicos tridimensionales.
- Fomentar la conexión del concepto de enlace químico con la vida cotidiana a través de actividades prácticas y analogías contextualizadas.
- Desarrollar habilidades de indagación científica en los estudiantes, como la formulación de hipótesis y la argumentación, mediante actividades experimentales y TIC.

4.2.5 Representación Teórica y/o Práctica (Mediante un Esquema Lógico o Graficación)

Seguidamente, se presenta el esquema lógico que muestra la articulación de los componentes teóricos y prácticos del modelo propuesto:

Figura 7

Articulación de los componentes



Fuente: elaboración propia (2025).

El modelo didáctico propuesto combina, de manera intencional y reflexiva, diversas estrategias como herramientas tecnológicas, actividades experienciales, representaciones visuales y analogías contextualizadas. Todos estos recursos cumplen la función de tender puentes entre el conocimiento abstracto y la experiencia concreta del estudiante. La idea es clara, aunque no siempre será fácil de lograr: facilitar la apropiación del saber científico respetando los distintos estilos de aprendizaje que coexisten en el aula haciéndolo de una forma que realmente conecte con quienes aprenden.

4.2.6 Fases o Etapas

Fase 1: Diagnóstico – Momento 1.

Todo proceso de enseñanza verdaderamente significativo comienza preguntándose por las ideas, dudas y representaciones que traen consigo los estudiantes. Por ello, la primera

fase del modelo estuvo dedicada al diagnóstico inicial, en un momento que permitió reconocer las ideas previas relacionadas con el concepto de enlace químico.

Para ello, se aplicó un pretest acompañado de cuestionarios diagnósticos y análisis gráficos, que sirvieron no solo para identificar concepciones erróneas, sino también para explorar los obstáculos cognitivos ligados al lenguaje de la química y a la representación de estructuras no perceptibles a los sentidos.

Durante esta etapa, se explicó con claridad a los estudiantes que el objetivo del pretest no era evaluarlos con una calificación, sino acercarse de manera real y honesta a lo que sabían, recordaban o podían relacionar con las preguntas planteadas. En este momento de apertura, se exploraron también los límites y alcances del conocimiento previo, entendido como parte de la construcción subjetiva que cada estudiante ha hecho del mundo natural.

Fase 2: Intervención Didáctica – Momento 2 y Momento 3.

A partir del análisis de los resultados obtenidos en el diagnóstico, se diseñó un modelo didáctico que respondiera directamente a las debilidades y fortalezas identificadas.

El objetivo era claro: transformar el aprendizaje del concepto de enlace químico, integrando herramientas como simuladores interactivos, laboratorios escolares, modelación 3D, representaciones visuales y analogías contextuales, todas pensadas para vincular la teoría con experiencias reales y fomentar un aprendizaje para la vida.

Esta fase central de la propuesta se desarrolló en cinco etapas progresivas:

- **Etapa 1:** Exploración de saberes previos
A través de lluvias de ideas, dibujos libres y discusiones guiadas, se generaron espacios para que los estudiantes compartieran lo que sabían sin temor al error. Este primer contacto favoreció un clima de confianza y apertura al aprendizaje.
- **Etapa 2:** Introducción al modelo atómico y al concepto de enlace químico
Una vez sentadas las bases, se introdujeron conceptos científicos utilizando simuladores como PhET y VLab Q, junto con el análisis de estructuras de Lewis, permitiendo una visualización clara de fenómenos previamente abstractos.

- **Etapa 3:** Modelado 3D y representación visual
El conocimiento se volvió tangible mediante la construcción de moléculas con plastilina y modelado digital, lo que facilitó una experiencia multisensorial que reforzó la comprensión desde otra dimensión cognitiva y emocional.
- **Etapa 4:** Conexión con la vida cotidiana
La química se acercó al entorno personal de los estudiantes mediante analogías con relaciones humanas y debates sobre aplicaciones reales del enlace químico. Esta etapa permitió resignificar el contenido científico desde lo cotidiano y lo social.
- **Etapa 5:** Consolidación de aprendizajes
Finalmente, se implementaron juegos didácticos, mapas conceptuales y nuevas prácticas de laboratorio, para integrar lo aprendido y afianzar habilidades cognitivas de orden superior.

Durante esta implementación (Momento 3), se evidenció un cambio palpable en la actitud de los estudiantes. Asumieron un rol más participativo, expresaron sus ideas con mayor seguridad y mostraron una motivación creciente por asistir y vincularse con las clases de química. Este proceso tuvo un efecto transformador en el aula, no solo en términos de rendimiento académico, sino también en la forma en que los estudiantes comenzaron a entender y relacionarse con los fenómenos naturales.

Fase 3: Evaluación y Cierre – Momento 4.

Para valorar el impacto real de la propuesta, se desarrolló una fase final de evaluación centrada en la comprensión conceptual alcanzada. Se aplicó un postest y se realizó un grupo focal estudiantil como estrategias complementarias de recolección de información. Además, se elaboró un diario reflexivo docente, desde donde se revisó críticamente el proceso vivido.

La triangulación de los datos recogidos evidenció un cambio significativo en la percepción que tenían los estudiantes frente al tema. Donde antes había confusión, inseguridad o rechazo (“no sé”, “no entiendo”, “no me acuerdo”), ahora emergieron respuestas más fundamentadas, con evidencias de apropiación conceptual. El

aprendizaje ya no era una serie de datos sueltos, sino un conocimiento anclado en sus experiencias, con sentido y utilidad.

Los resultados del análisis señalaron, además, una transformación más profunda: la propuesta no solo mejoró la enseñanza del enlace químico, sino que impactó positivamente la vida escolar. Se fortaleció la red de apoyo familiar, disminuyeron conflictos en el aula, mejoró el rendimiento académico en otras áreas y, quizá lo más valioso, cambió la percepción que los estudiantes tenían de la química: ya no como algo distante o difícil, sino como una herramienta útil para comprender y transformar su realidad.

4.2.7 Acciones y/o Actividades (Vinculadas a las Fases o Etapas)

Las acciones y actividades diseñadas para la implementación del modelo didáctico activo experiencial basado en TIC se estructuran en función de las fases establecidas, con el propósito de transformar el proceso de aprendizaje del concepto de enlace químico en estudiantes de noveno grado de la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac. Estas actividades integran herramientas tecnológicas, como simuladores interactivos y modelado 3D, junto con prácticas de laboratorio contextualizadas, para promover un aprendizaje significativo y conectado con la vida cotidiana de los estudiantes. A continuación, se detallan dichas acciones en la Tabla 15, organizadas según las etapas del modelo.

Tabla 15

Actividades desarrolladas en cada fase

Fase/etapas	Actividades Clave
Diagnóstico inicial	Aplicación de pretest, análisis de gráficos, entrevista diagnóstica.
Exploración de conocimientos previos	Lluvia de ideas, dibujos libres sobre el átomo, discusión grupal.
Introducción al concepto	Videos introductorios, simuladores PhET, debates sobre estructura de Lewis.

Modelado físico y digital	Construcción de modelos con plastilina, uso de simuladores VLab, esquemas colaborativos.
Analogías cotidianas	Actividad: “El enlace químico como una relación de amistad”. Mapas conceptuales y dramatizaciones.
Práctica experimental	Laboratorio sobre enlaces iónicos y covalentes con materiales sencillos.
Evaluación final	Postest, grupo focal, revisión de productos, entrevistas cortas.

Fuente: Elaboración propia

4.2.8 Selección de métodos, técnicas e instrumentos para su aplicación

Para la implementación del modelo didáctico activo experiencial basado en TIC, orientado a transformar el proceso de aprendizaje del concepto de enlace químico en estudiantes de grado noveno, se recomienda a los docentes emplear los siguientes métodos, técnicas e instrumentos, diseñados para fomentar un aprendizaje significativo, participativo y contextualizado:

Métodos pedagógicos recomendados:

- **Aprendizaje basado en problemas (ABP):** Se sugiere plantear situaciones problémicas relacionadas con el enlace químico, como la formación de moléculas en procesos cotidianos (por ejemplo, la elaboración de jabón artesanal para ilustrar el enlace covalente). Este método promueve la indagación activa y la conexión de los conceptos con la vida real.
- **Indagación guiada:** Los docentes deben guiar a los estudiantes en la exploración de conceptos abstractos mediante preguntas que los lleven a descubrir las características de los enlaces iónicos, covalentes y metálicos, utilizando recursos como simulaciones digitales y experimentos prácticos.

- **Trabajo cooperativo:** Se recomienda organizar a los estudiantes en pequeños grupos para realizar actividades colaborativas, como la construcción de modelos moleculares o la resolución de problemas en simuladores, fomentando el diálogo y el aprendizaje entre pares.

Técnicas didácticas recomendadas:

- **Uso de simuladores interactivos (PhET):** Se propone integrar simulaciones digitales, como las ofrecidas por PhET, para visualizar la formación de enlaces químicos y sus propiedades. Estas herramientas permiten a los estudiantes interactuar con representaciones dinámicas de moléculas, facilitando la comprensión de conceptos abstractos.
- **Modelado físico y digital:** Los docentes deben implementar actividades de modelado, utilizando materiales concretos como plastilina para construir estructuras moleculares y herramientas digitales para modelado 3D, lo que ayuda a los estudiantes a desarrollar representaciones mentales precisas.
- **Prácticas de laboratorio contextualizadas:** Se sugiere realizar experimentos prácticos, como la elaboración de jabón artesanal, para conectar el concepto de enlace químico con aplicaciones cotidianas, promoviendo la experimentación y la observación directa.
- **Análisis de situaciones cotidianas:** Los docentes deben emplear analogías, como comparar los enlaces químicos con relaciones humanas (por ejemplo, la amistad para explicar el enlace covalente), para facilitar la comprensión y la apropiación conceptual.

Instrumentos de evaluación formativa sugeridos:

- **Cuestionarios diagnósticos (pretest y posttest):** Se recomienda aplicar cuestionarios estructurados antes y después de la implementación del modelo para evaluar los conocimientos previos y los avances en la comprensión del

concepto de enlace químico. Estos pueden incluir preguntas sobre los tipos de enlaces y sus propiedades, adaptadas al nivel de los estudiantes.

- **Rúbricas para evaluar modelos moleculares:** Se sugiere utilizar rúbricas específicas (como las descritas en el Anexo 2) para evaluar la precisión y creatividad de los modelos 3D construidos por los estudiantes, tanto físicos (plastilina) como digitales.
- **Listas de cotejo para prácticas de laboratorio:** Estas listas deben diseñarse para valorar la participación, el seguimiento de procedimientos y la aplicación de conceptos durante las actividades experimentales, como las prácticas de laboratorio descritas en el Anexo 5.
- **Registro de participación y diario reflexivo:** Se recomienda que el docente mantenga un registro sistemático de la participación activa de los estudiantes durante las actividades y un diario reflexivo para documentar observaciones sobre el proceso de enseñanza, lo que permite ajustar las estrategias en tiempo real.
- **Grupo focal:** Se propone realizar sesiones de grupo focal (ver estructura en el Anexo 1) al finalizar la implementación, con preguntas dirigidas a recoger percepciones de los estudiantes y docentes sobre la efectividad del modelo, su relación con la vida cotidiana y posibles mejoras.
- **Encuestas de percepción:** Se sugiere aplicar encuestas (como las presentadas en los Anexos 2 y 3) para evaluar la motivación, la comprensión conceptual y la satisfacción de los estudiantes y docentes con el modelo didáctico, utilizando una escala de Likert para cuantificar las respuestas.

Estos métodos, técnicas e instrumentos están diseñados para integrarse de manera coherente en el modelo didáctico, asegurando que los estudiantes participen activamente, conecten los conceptos químicos con su entorno y desarrollen habilidades científicas. Los docentes deben adaptar estas herramientas al contexto específico de su institución, considerando los recursos tecnológicos disponibles y las características de sus estudiantes, para garantizar la replicabilidad y efectividad del modelo en otros entornos educativos.

4.2.9 Recursos Necesarios Para la Aplicación de la Propuesta

La implementación de esta propuesta no solo demandó compromiso y creatividad, sino también una serie de recursos esenciales para garantizar su viabilidad y efectividad en el aula.

En primer lugar, los recursos tecnológicos jugaron un papel clave. Fue necesario contar con computadores o tabletas con acceso estable a internet, lo que permitió a los estudiantes interactuar con simuladores como PhET y VLab, herramientas valiosas para visualizar procesos químicos de difícil comprensión. Además, el uso de un proyector facilitó la socialización de contenidos y la construcción colectiva del conocimiento.

En cuanto a los recursos didácticos, se recurrió a materiales sencillos pero muy efectivos: plastilina, palillos, fichas visuales, cartulinas, videos educativos y guías de laboratorio. Estos elementos permitieron que el aprendizaje tomara forma en las manos de los estudiantes, haciendo visible lo abstracto y convirtiendo la teoría en una experiencia tangible.

En el plano humano, los actores principales fueron, por supuesto, los estudiantes participantes y el docente guía, cuya labor fue mucho más que instructiva: fue de acompañamiento, facilitación y motivación constante. Se contó además con el apoyo técnico necesario para el manejo de las herramientas TIC, un respaldo fundamental para integrar la tecnología de manera fluida y significativa.

Finalmente, los espacios físicos también fueron pensados desde la pedagogía. Se trabajó en un aula flexible, que pudiera adaptarse a dinámicas grupales diversas; en el laboratorio escolar, donde el conocimiento se volvió experiencia; y en espacios dispuestos para el trabajo colaborativo, donde el aprendizaje se construyó entre pares, en diálogo constante.

4.3 Valoración/ Evaluación / Validación de la Propuesta de Transformación.

La implementación de esta propuesta educativa implicó mucho más que una planificación técnica. Supuso, desde el inicio, un compromiso sostenido, creatividad

para adaptar estrategias a contextos reales y, sobre todo, una combinación de recursos cuidadosamente seleccionados para asegurar su viabilidad y efectividad en el aula. Desde una mirada evaluativa, la propuesta demostró ser pertinente, ya que respondió a obstáculos cognitivos identificados previamente en el diagnóstico inicial. Su validez fue respaldada empíricamente a través de mejoras observables en los resultados del postest, lo cual sugiere un impacto positivo en la comprensión del concepto de enlace químico. En términos de factibilidad, la experiencia se adaptó bien a las condiciones reales de la institución educativa, aprovechando los recursos ya existentes. Además, su aplicabilidad va más allá del grupo intervenido: puede extenderse a otros grados o conceptos abstractos dentro del área de ciencias. La propuesta también tiene un alto potencial de generalización, especialmente en contextos educativos urbanos similares, y destaca por su originalidad, al combinar de forma innovadora tecnologías, prácticas experimentales y analogías contextualizadas.

En resumidas cuentas, más que una intervención puntual, esta experiencia representó una transformación educativa tangible porque logró vincular los saberes científicos con las vivencias cotidianas de los estudiantes, resignificar su relación con la química y demostrar que, con los recursos adecuados y una propuesta pedagógica bien pensada, es posible hacer del aula un lugar de descubrimiento, diálogo y construcción colectiva del conocimiento.

4.4 Impacto de la propuesta: resultados y testimonios

La implementación del modelo didáctico evidenció un cambio significativo en el grupo de grado noveno, según el análisis realizado a partir de los instrumentos aplicados. Los docentes manifestaron mejoras notables en la actitud, asistencia y participación de los estudiantes. El modelo permitió transformar la forma en que los alumnos conciben la química, alejándolos progresivamente de los obstáculos que solían enfrentar al momento de aprender. Varios estudiantes expresaron sentirse más cómodos durante las clases, reconocieron haber sido parte activa del proceso y valoraron su habilidad en el manejo de las TIC, así como la importancia de descubrir nuevas formas de aprender. Además, muchos de ellos destacaron que, para lograr un aprendizaje significativo, es fundamental

partir de lo que ya saben y asumir un compromiso más fuerte con lo que están aprendiendo.

En el análisis de los resultados también se evidenció un cambio conceptual profundo. Los estudiantes comenzaron a darle sentido a lo que aprendían, estableciendo relaciones entre los contenidos científicos y su vida cotidiana. Este cambio se tradujo en una mayor participación en clase, una actitud más positiva, mejoras académicas e incluso en una transformación que trascendió lo cognitivo, impactando lo emocional y lo social. Este impacto se reflejó claramente en la mejora de la convivencia dentro del grupo, consolidando un ambiente más respetuoso y colaborativo.

La propuesta permitió poner en evidencia la necesidad de adoptar enfoques pedagógicos integradores, que combinen estrategias didácticas con el uso de recursos TIC desde todas las áreas del conocimiento. En este sentido, la participación de la orientadora escolar fue clave, ya que reportó que las situaciones de conflicto en el aula disminuyeron en más del 70 %, atribuyendo este resultado a la participación activa de los estudiantes en las distintas estrategias implementadas. La creación de espacios de diálogo y el reconocimiento de habilidades y talentos individuales permitieron una mejor dinámica de grupo, más cohesionada y respetuosa.

Desde el ámbito institucional, el coordinador académico Jaime Castaño destacó una mejora en los indicadores de aprendizajes fallidos. En el área de ciencias naturales del grado 9°1, se reportó una disminución del 56 % en 2023 al 37 % en 2024, lo que representa una mejora del 19 %. Este dato resalta la importancia de implementar estrategias didácticas efectivas en todas las áreas del conocimiento, así como de fortalecer los procesos de formación continua del profesorado, especialmente en lo relacionado con el uso pedagógico de tecnologías emergentes.

La rectora de la institución, Magíster Gloria Amparo Wheeler, también subrayó los logros obtenidos con la propuesta. En su balance institucional, destacó los siguientes resultados:

- La participación de estudiantes del semillero ISMA, quienes fueron ganadores de un proyecto financiado por la Secretaría de Educación de Caldas, con una inversión de \$10.000.000 destinada al fortalecimiento de los procesos investigativos y su articulación con el método científico.

- La inmersión en la NASA de una estudiante de la institución, como resultado de su participación activa en procesos de formación científica, lo cual evidencia un cambio profundo en la forma de aprender y de aplicar el conocimiento.
- La disminución en los aprendizajes fallidos reportados en pruebas externas por la Secretaría de Educación, lo cual confirma el impacto positivo del modelo en los resultados académicos.
- El análisis de los proyectos de vida de los estudiantes, donde el 45 % manifestó interés en seguir carreras relacionadas con las ciencias exactas, reflejando una resignificación del área en sus trayectorias personales.

La rectora también resaltó la necesidad de implementar estrategias que posicionen al estudiante como protagonista de su aprendizaje, permitiéndole construir sentido a partir de lo que estudia. Asimismo, subrayó la importancia de que los docentes continúen su formación permanente, para responder a los desafíos de un mundo en constante transformación. En sus palabras, “estos procesos exigen cambio, acompañamiento y compromiso, tanto del profesorado como de las familias”.

Como reconocimiento a estos logros, la docente autora de esta investigación recibió dos distinciones importantes:

- Mejor docente 2024, en reconocimiento a su labor como líder del semillero de investigación ISMA y su contribución a la transformación del aprendizaje en ciencias naturales.
- Segundo puesto como mejor docente del Departamento de Caldas, por su liderazgo y fortalecimiento del método científico en contextos escolares.

Por su parte, Marcela Álzate Quintero, madre de una estudiante del grupo intervenido, compartió su testimonio sobre el impacto que tuvo la propuesta en su hija:

Desde que cambiaron las estrategias en la clase de química, mi hija se mostró mucho más motivada. Siempre contaba con entusiasmo los cambios en las clases y se comprometía más con las actividades en casa. Sentimos que al tener en cuenta los gustos y habilidades de los estudiantes, la educación se volvió más inclusiva. Como familia, estamos agradecidos por haber hecho parte del proceso. La transformación fue tanto académica como social: su nota en química pasó de un promedio básico a uno superior, y su compromiso con las demás asignaturas también mejoró notablemente.

Este testimonio reafirma que la propuesta no solo produjo mejoras medibles, sino también transformaciones personales y familiares, revelando el verdadero alcance de una educación que conecta con la vida real.

4.5 Ejemplo de Actividades

Actividad 5 Modelando estructuras de Lewis 3D

El acercamiento a la modelación de las estructuras de Lewis te ayudara a comprender la formación de enlaces que se dan entre muchos compuestos, teniendo presente las propiedades específicas de las moléculas. Primero trabajaremos un desarrollo teórico y al final aplicaremos lo aprendido con el kit de modelo molecular.

- 1) Molécula: AlCl_3 . Debes sumar los electrones de valencia. El aluminio (Grupo III A), por lo tanto, tiene 3 electrones de valencia y cada átomo de cloro (Grupo VII A), tiene 7 electrones. Para un total de $3 + 21 = 24$ electrones de valencia. Es importante que tengas presente que es un compuesto binario (Formado por la combinación de dos elementos).
- 2) Modela tu estructura así: 1 molécula color rojo para el Al y 3 de color verde para cada átomo de cloro.
- 3) Dibuja enlaces sencillos (esqueleto de la molécula) el aluminio en el centro
- 4) Completa los octetos para cada uno de los elementos, recuerda que cada línea (enlace) cuenta como un par de electrones
- 5) Repite el mismo paso para las siguientes moléculas y completa la tabla.

MOLECULA	Electrones de Valencia elemento #1	Electrones de Valencia elemento #2	Representación esqueleto de la molécula
HCl			
PCl_3			
PBr_3			

C_2H_4			
$AlCl_3$			

Tiempo estimado de trabajo 55 minutos.

Después de completar la tabla de modelación de estructuras de Lewis vamos a practicar lo aprendido.

Objetivos

- Desarrollar habilidades en la construcción y modelación de estructuras de Lewis.
- Reconocer el impacto del uso de herramientas didácticas para la transformación de conceptos como: Electrones de valencia, esqueleto molecular, ley del octeto, enlace químico.

Materiales

- Kit de modelación molecular
- 6 bolas de plastilina rojas
- 4 bolas de plastilina negras
- 4 bolas de plastilina blancas
- Palillos de chuzo
- Cámara fotográfica

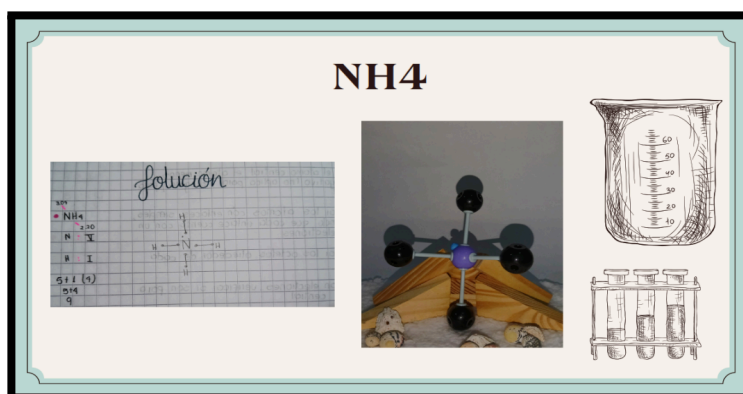
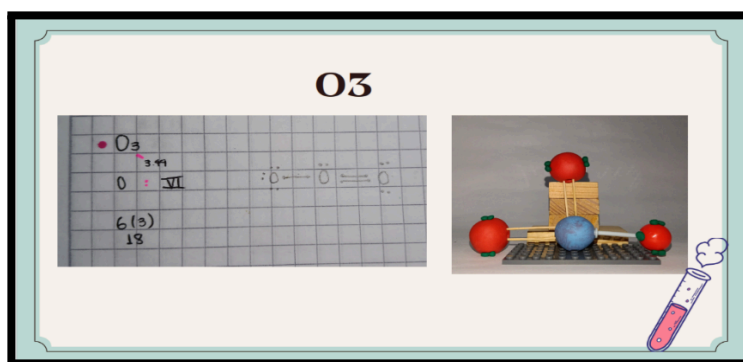
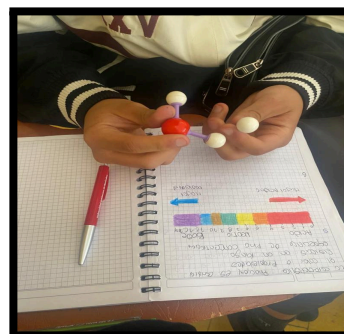
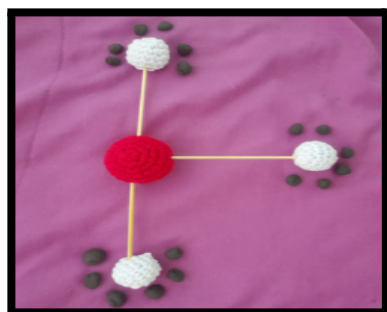
Con el uso del kit de modelación molecular y los materiales de cada estudiante, deben construir las siguientes estructuras. Deben tener presente un color por cada átomo, tener presente el número de enlaces de valencia. La tabla se debe completar anexando fotografías de los modelos moleculares construidos.

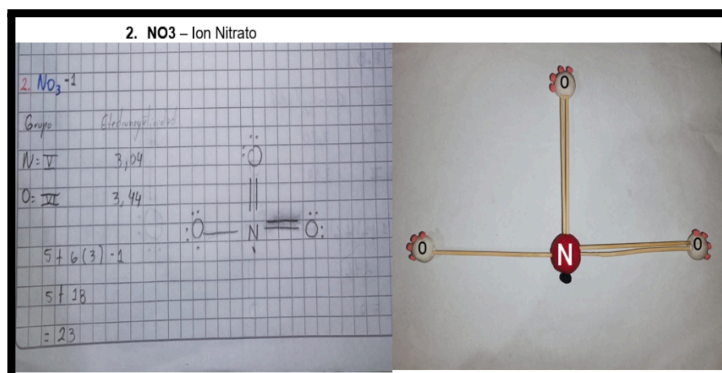
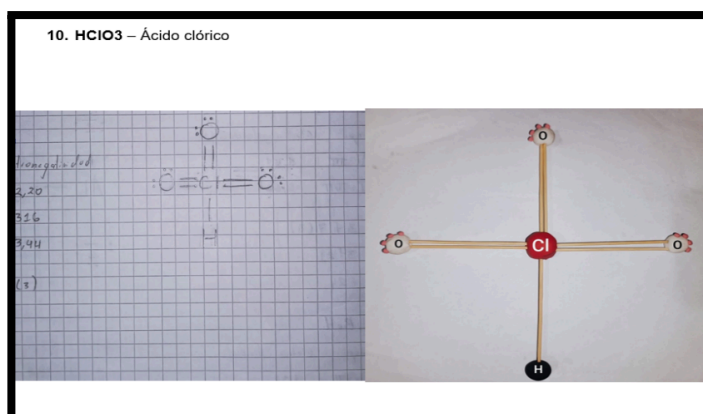
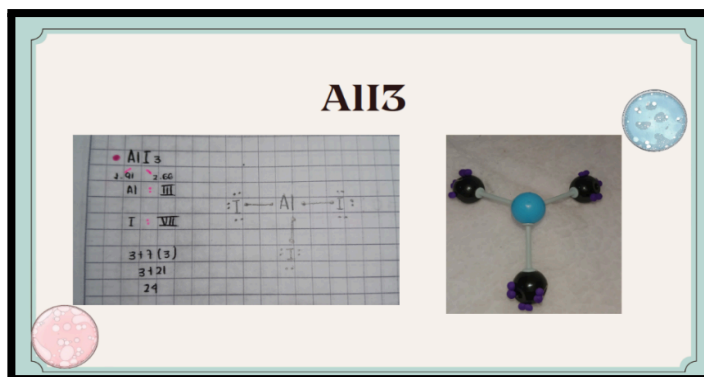
Molécula	Estructura de Lewis	Electrones de valencia átomo 1	Electrones de valencia átomo 2	Modelo molecular
HCl				
$AlCl_3$				

PBr_3				
C_2H_4				

Tiempo estimado para la actividad 120 minutos

Aplicación actividad modelación de estructuras de Lewis

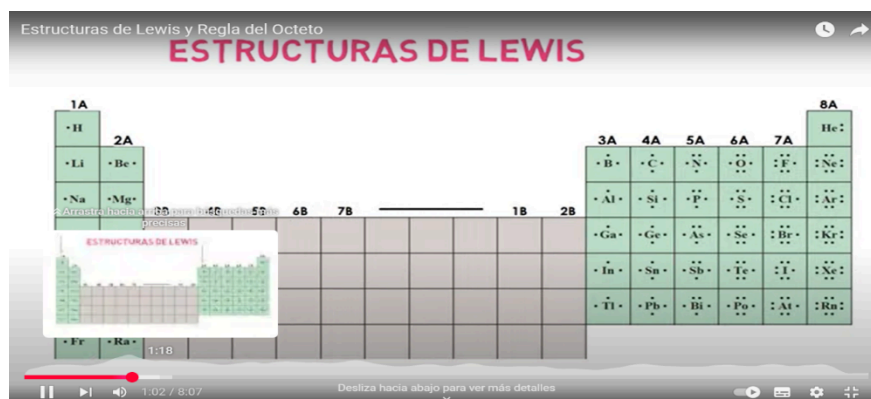




Después de completar la actividad de modelación ingresa al siguiente link:

https://www.youtube.com/watch?v=K_91nPB4_CQ, encontraras un video donde refuerzan la actividad de modelación de Lewis y explican claramente la ley del octeto con sus excepciones. Debes tomar los apuntes necesarios para poder responder las siguientes preguntas:

Ley del octeto



Fuente. tomado de https://www.youtube.com/watch?v=K_91nPB4_CQ

- ¿Explica con palabras claras en que consiste la ley del octeto?
- ¿Cuál es la importancia de la ley del octeto en la formación de enlaces químicos?
- Explica en qué consisten las excepciones de la ley del octeto
- Debes ampliar la consulta sobre la ley del octeto, explica con una actividad cotidiana como aplicarías esta ley.

Evaluación del aprendizaje

1. ¿Qué es lo que más te llamo la atención de lo aprendido? ¿Siguen siendo las mismas ideas que tenías antes de estudiar el tema?

2. ¿Qué dificultades encontraste en la realización de actividades de la unidad didáctica? ¿Qué estrategias implementaste para superarlas?

3. ¿Qué otras actividades consideras necesarias para mejorar la comprensión del tema?

4. ¿Qué actividades encuentras más interesantes? ¿las interactivas o las que realizas en el aula con diferentes materiales?

-
5. ¿Consideras que el enlace químico es un concepto necesario para la comprensión del mundo? Justifica tu respuesta.

-
6. De acuerdo al trabajo realizado durante la aplicación de la unidad didáctica, cual es la nota de autoevaluación que te pones. Explica el porqué de la nota.
-

CONCLUSIONES

La investigación desarrollada en el marco de la tesis doctoral titulada Modelo didáctico activo experiencial con base en TIC para transformar el proceso de aprendizaje relacionado con el concepto de enlace químico en estudiantes de grado noveno de la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac aborda una problemática relevante en la enseñanza de las ciencias naturales, con un enfoque particular en la química. Mediante la integración de estrategias didácticas activas, recursos tecnológicos y prácticas experimentales, se buscó transformar el proceso de aprendizaje, promoviendo una comprensión significativa del concepto de enlace químico y su vinculación con la vida cotidiana. A continuación, se presenta una síntesis de los resultados obtenidos, organizada en función de los objetivos planteados y la hipótesis, destacando los aportes de cada etapa de la investigación al problema identificado en el contexto educativo de Villamaría, Caldas, Colombia.

La exploración inicial de los conocimientos previos y las dificultades de los estudiantes de grado noveno reveló obstáculos significativos en la comprensión del enlace químico, como la dificultad para identificar las partes y funciones del átomo, interpretar representaciones submicroscópicas y relacionar el concepto con fenómenos cotidianos. Estos hallazgos, obtenidos mediante un pre-test (ver Anexo 2) y grupos focales descritos en el tercer capítulo, proporcionaron una base sólida para diseñar un modelo didáctico contextualizado que respondiera a las necesidades específicas del grupo. Esta etapa inicial validó la relevancia del problema planteado en el primer capítulo, destacando la necesidad de superar los enfoques tradicionales mediante estrategias pedagógicas innovadoras adaptadas al contexto de la institución educativa.

La sistematización de fundamentos teóricos-pedagógicos, fundamentada en el segundo capítulo, permitió estructurar una secuencia didáctica en dos fases: exploración de saberes previos y transformación de habilidades en experiencias significativas. Este modelo integró herramientas tecnológicas como simuladores PhET, objetos virtuales de aprendizaje (OVA) y videos interactivos, junto con actividades prácticas como el modelado de estructuras de Lewis, la construcción de modelos moleculares con plastilina, simulaciones de disoluciones y la elaboración de jabón artesanal (ver Anexo 4

para validación de los instrumentos usados en estas actividades). Estas actividades, detalladas en el anexo 2 y descritas en el cuarto capítulo, facilitaron la conexión entre los conceptos teóricos y la vida cotidiana, fortaleciendo la motivación y la participación activa de los estudiantes. Respaldo por teorías de aprendizaje significativo (Ausubel), el conocimiento del contenido pedagógico (Shulman) y la enseñanza por indagación, este enfoque generó entornos de aprendizaje dinámicos, superando las limitaciones de los métodos tradicionales y contribuyendo significativamente a la resignificación de la enseñanza de la química.

La evaluación del impacto del modelo didáctico, realizada mediante un enfoque mixto de análisis cualitativo y cuantitativo, demostró su efectividad. Las encuestas aplicadas a estudiantes y docentes, junto con los grupos focales (ver Anexo 4 para la validación de instrumentos), indicaron que el 85% de los estudiantes percibieron una mejora en su comprensión del enlace químico, destacando los simuladores y las prácticas de laboratorio como los elementos más efectivos. Los docentes reportaron un aumento en la motivación, la participación y la capacidad de los estudiantes para vincular los contenidos con su entorno cotidiano. Los resultados, respaldados por tablas de correlaciones y la prueba t de Student presentadas en el tercer capítulo, confirmaron estadísticamente la hipótesis de que el modelo didáctico activo experiencial basado en TIC mejora la comprensión conceptual y la motivación en el aprendizaje del enlace químico. Este aporte ofrece evidencia empírica de la viabilidad de la propuesta y su potencial para transformar las prácticas pedagógicas en el aula.

En una perspectiva más amplia, la investigación contribuye al campo de la didáctica de las ciencias al consolidar un marco teórico-metodológico que articula el aprendizaje significativo, el uso de TIC y las prácticas experimentales. Los fundamentos teóricos del segundo capítulo, basados en autores como Ausubel, Vygotsky y Shulman, proporcionaron una base robusta para el diseño e implementación del modelo, mientras que el primer capítulo contextualizó la problemática y justificó su relevancia en el ámbito educativo colombiano. La combinación de TIC, prácticas de laboratorio y analogías contextualizadas permitió superar las limitaciones de los enfoques tradicionales, fomentando habilidades científicas como la observación, el análisis y la resolución de problemas. Este modelo, detallado en el cuarto capítulo, es replicable en

otros contextos y responde a las demandas de innovación pedagógica, alineándose con los lineamientos curriculares nacionales y las necesidades de los estudiantes en un entorno tecnológico y cambiante.

RECOMENDACIONES

La investigación sobre el modelo didáctico activo experiencial con base en TIC para transformar el aprendizaje del concepto de enlace químico en estudiantes de noveno grado de la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac ha permitido identificar fortalezas y oportunidades de mejora en la enseñanza de las ciencias naturales. Las siguientes recomendaciones, surgidas del proceso investigativo, buscan orientar futuros estudios, prácticas educativas y políticas institucionales, garantizando su validez académica y aplicabilidad práctica. Se estructuran en tres categorías: metodológicas, académicas y prácticas, dirigidas a actores específicos como investigadores, docentes, instituciones educativas y comunidades escolares.

Desde el punto de vista metodológico:

Se recomienda a futuros investigadores emplear enfoques mixtos más avanzados, como diseños cuasiexperimentales con grupos de control, para evaluar la efectividad del modelo didáctico en contextos educativos más amplios, como otras instituciones o niveles académicos. También se sugiere incorporar instrumentos adicionales de recolección de datos, como entrevistas semiestructuradas o diarios reflexivos de los estudiantes, para profundizar en las percepciones cualitativas sobre el impacto de las TIC y las prácticas experimentales. Asimismo, sería valioso replicar la metodología en otros temas de ciencias naturales, como reacciones químicas o termodinámica, para validar su adaptabilidad y versatilidad, manteniendo el enfoque activo experiencial mediado por tecnología.

Desde el punto de vista académico:

Se invita a la Universidad de Investigación e Innovación de México (UIIX) y a otras instituciones educativas a continuar investigando la integración de TIC en la enseñanza de conceptos abstractos de química, dado que los resultados de esta investigación demuestran su potencial para promover aprendizajes significativos. Es fundamental que las facultades de educación diseñen programas de formación docente enfocados en el desarrollo de modelos didácticos innovadores, con énfasis en herramientas digitales y estrategias experimentales. Además, se recomienda fomentar la colaboración interdisciplinaria entre docentes de ciencias naturales, tecnología y otras áreas, para

crear propuestas pedagógicas que integren conocimientos de manera transversal, enriqueciendo el currículo y respondiendo a las necesidades de una educación científica moderna.

Recomendaciones prácticas:

Se sugiere a la Institución Educativa Santa Luisa de Marillac incorporar el modelo didáctico propuesto de manera permanente en el plan de estudios de ciencias naturales, extendiéndolo a otros grados y asignaturas. Para garantizar su sostenibilidad, se recomienda invertir en infraestructura tecnológica, como acceso a internet estable y laboratorios virtuales. Asimismo, se propone establecer un semillero de investigación estudiantil que desarrolle proyectos interdisciplinarios vinculados a problemáticas ambientales y sociales, fortaleciendo el pensamiento crítico y el compromiso comunitario. Por último, se exhorta a los docentes de ciencias naturales a adoptar un enfoque reflexivo y colaborativo, ajustando el modelo a las necesidades de sus estudiantes mediante formación continua en TIC y metodologías activas, apoyados por talleres prácticos y comunidades de aprendizaje.

BIBLIOGRAFÍA

- AAAS. (1995). Asociación estadounidense para el avance de la ciencia, proyecto 2061. Resumen de ciencia para todos los estadounidenses, Washington D. C.
<https://pdfcoffee.com/ciencia-conocimiento-para-todos-proyecto-2061-3-pdf-free.html>
- Abiola, O. & Dhindsa, H. (2012). Improving classroom practices using our knowledge of how the brain works. *International Journal of Environmental and Science Education*, 1(7), 71-81. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ972445.pdf>
- Acar, B. & Tarhan, L. (2008). Effects of cooperative learning on students' understanding of metallic bonding. *Res. Sci. Educ.*, 38, 401–420.
<https://doi.org/10.1007/s11165-007-9054-9>
- Alarcón, L. (2017). Modelo didáctico analógico de enlace químico: caracterización de las formas de significar de los estudiantes de educación media [Tesis de maestría, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio Institucional UPN.
<http://hdl.handle.net/20.500.12209/294>
- American Chemical Society. (2018). ACS guidelines and recommendations for teaching middle and high school chemistry.
<https://www.acs.org/content/dam/acsorg/education/policies/guidelines-teaching-mshs-chemistry/mshs-guidelines-final-2018.pdf>
- Ausubel, D. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning: an introduction to school learning*. Grune & Stratton.
<https://archive.org/details/psychologyofmean0000davi/page/n3/mode/2up>
- Ausubel, D. (1968). *Educational psychology: a cognitive view*. Holt, Rinehart and Winston. <https://archive.org/details/in.ernet.dli.2015.112045>
- Ausubel, D. (2000). *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
<https://books.google.com.co/books?id=VufcU8hc5sYC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

- Bajaña, L., Morales, S., Mosquera, J. & Pérez, S. (2025). Integración de tecnologías digitales en el aula: una revisión de impacto y desafíos. *Journal Scientific MQR Investigar*, 9(2), 1–17. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.9.2.2025.e527>
- Baque, G. & Portilla, G. (2021). El aprendizaje significativo como estrategia didáctica para la enseñanza–aprendizaje. *Polo del Conocimiento*, 6(5), 75–86. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7927035>
- Barke, H., Hazari, A. & Yitbarek, S. (2008). *Misconceptions in chemistry: addressing perceptions in chemical education*. London: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-70989-3>
- Bates, G. (1978). El papel del laboratorio en los programas de ciencias de la escuela secundaria, en Rowe MB (ed.), *Lo que la investigación le dice al profesor de ciencias*. Washington D. C.: Asociación Nacional de Profesores de Ciencias, volumen 1, págs. 28–54.
- Bello, S. (2016). *Didáctica de la química universitaria. Unidades didácticas en temas torales de la química* (pp. 149-197). México: Universidad Nacional Autónoma de México. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/306093>
- Bergqvist, A., Dreschler, M., De Jong, O. & Chang, S. (2013). Representations of chemical bonding models in school textbooks – help or hindrance for understanding? *Chemistry Education Research and Practice*, 14, 589-606. <https://doi.org/10.1039/c3rp20159g>
- Berry, A., Friedrichsen, P. & Loughran, J. (2015). *Re-examining pedagogical content knowledge in science education*. London: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315735665>
- Boujaoude, S. & Barakat, H. (2000). Secondary school students' difficulties with stoichiometry. *School Science Review*, 296, 91–98. https://www.academia.edu/28644313/Secondary_school_students_difficulties_with_stoichiometry
- Broman, K. & Parchmann, I. (2014). Students' application of chemical concepts when solving chemistry problems in different contexts. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 15, 516–529. <https://doi.org/10.1039/c4rp00051j>

- Brown, I. (2016). Introducción histórica. En *El enlace químico en la química inorgánica* (2.ª ed.). Pp. 1-8. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198742951.003.0001>
- Carlson, J. et al. (2019). The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education. In: Hume, A., Cooper, R. & Borowski, A. (eds) *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_2
- Chamizo, J. (1987). Modelos del enlace químico. *Elementos*, Universidad Autónoma de Puebla, Departamento de Química Inorgánica, 28-32. https://andoni.garritz.com/documentos/GarciaFranco-Garritz-Chamizo%20Enlace-Quimico_Cap4_2009.pdf
- Chan, K. & Hume, A. (2019). Towards a consensus model: literature review of how science teachers' pedagogical content knowledge is investigated in empirical studies. In Hume, A., Cooper, R. & Borowski, A. (ed.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*, Singapore: Springer, pp. 77–94. http://dx.doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_1
- Chan, P., Van Gerven, T., Dubois, J. & Bernaerts, K. (2021). Virtual chemical laboratories: a systematic literature review of research, technologies and instructional design. *Computers and Education Open*, Volume 2, 100053, <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2021.100053>
- Cheng, M. & Oon, P. (2016). Understanding metallic bonding: structure, process and interaction by Rasch analysis. *Int. J. Sci. Educ.*, 38, 1923–1944. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1219926>
- Chica, N. (2023). Estrategias activas y participativas como herramientas potenciadoras del proceso de enseñanza-aprendizaje del inglés. *Cienciamatria*, 9(17), 71–76. <https://doi.org/10.35381/cm.v9i17.1124>
- Chonillo, L., Heredia, D., Uvidia, E. & Loja, K. (2025). Uso de los recursos didácticos en la enseñanza de las ciencias experimentales química y biología: una revisión de la literatura. *TELOS: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 27(1), 255–278. <https://doi.org/10.36390/telos271.05>

- Comisión Gestora del PNDE. (2019). Estrategia de monitoreo y evaluación del plan nacional decenal de educación 2016–2026. Ministerio de Educación Nacional de Colombia.
https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-392916_recurso_1.pdf
- Congreso de Colombia. (1994). Ley 115 de 1994: por la cual se expide la ley general de educación. Diario Oficial No. 41.214.
https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85906_archivo_pdf.pdf
- Constable, E. & Housecroft, C. (2020). Enlace químico: el viaje desde los ganchos en miniatura hasta la teoría del funcional de la densidad. *Revistas Moléculas*, Volumen 25, Número 11. <https://doi.org/10.3390/moleculas25112623>
- Creswell, J. & Plano, V. (2018). *Diseño y desarrollo de investigación mixta*. Pearson Educación.
https://books.google.com.co/books/about/Designing_and_Conducting_Mixed_Methods_R.html?id=eTwmDwAAQBAJ&redir_esc=y
- Cruz, D., Chamizo, J. & Garritz, A. (1986). *Estructura atómica: un enfoque químico*. Fondo Educativo Interamericano S.A.
<https://andoni.garritz.com/documentos/Portada-prefacio-indice.pdf>
- Dhindsa, H. & Treagust, D. (2009). Conceptual understanding of Bruniean tertiary students: chemical bonding and structure. *Brunei International Journal of Science and Mathematics Education*, 1(1), 33-51.
<https://shbieejournal.wordpress.com/wp-content/uploads/2009/11/hsddavideditd.pdf.pdf>
- diSessa, A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, 10(2-3), 105-225. <https://www.jstor.org/stable/3233725>
- Dori, Y. & Hameiri, M. (2003). Multidimensional analysis system for quantitative chemistry problems: symbol, macro, micro, and process aspects. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(3), 278–302. <https://doi.org/10.1002/tea.10077>
- dos Santos, L. & Fernandes, A. (2014). Enseñanza del enlace químico desde una perspectiva situación-problema. *Formación universitaria*, 7(6), 45-52.
<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062014000600006>

- Elliott, M., Stewart, K. & Lagowski, J. (2008). El papel del laboratorio en la enseñanza de la química [The role of the laboratory in chemistry instruction]. *Journal of Chemical Education*, 85(1), 145-149. <https://doi.org/10.1021/ed085p145>
- Eymur, G. & Geban, Ö. (2017). The collaboration of cooperative learning and conceptual change: enhancing the students' understanding of chemical bonding concepts. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(5), 853–871. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9716-z>
- Fernández, M., Rodríguez, D., Pérez, R., García, I. & Salas, D. (2021). Laboratorios invertidos: alternativa para el aprendizaje de química orgánica y biológica. *Tecnología Química*, 41(2), 385-400.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852021000200385
- Frailich, M., Kesner, M. & Hofstein, A. (2009). Enhancing students' understanding of the concept of chemical bonding by using activities provided on an interactive website. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(3), 289–310.
<https://doi.org/10.1002/tea.20278>
- Gabel, D. (1996). The complexity of chemistry: research for teaching in the 21st century. Paper presented at the 14th International Conference on Chemical Education. Brisbane, Australia.
- Geddis, A. & Wood, E. (1997). Transforming subject matter and managing dilemmas: a case study in teacher education. *Teach. Teacher Educ.*, 13, 611–626.
[https://doi.org/10.1016/s0742-051x\(97\)80004-2](https://doi.org/10.1016/s0742-051x(97)80004-2)
- Gess, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: results of the thinking from the PCK Summit. In Berry, A., Friedrichsen, P. & Loughran, J. (ed) *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education*, London: Routledge, pp. 28–42.
<https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781315735665-4/model-teacher-professional-knowledge-skill-including-pck-gess-newsome-julie>
- Getman, F. (1940). The life of Ira Remsen. Easton, Pa: *Journal of Chemical Education*.
<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015078668483&view=1up&seq=7>

- Gilbert, J. & Justi, R. (2016). The contribution of visualisation to modelling-based teaching. In J. K. Gilbert & R. Justi (Eds.), *Modelling-based Teaching in Science Education* (pp. 121–148). Cham: Springer.
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-29039-3>
- Gilbert, J. & Treagust, D. (Eds.). (2009). *Multiple representations in chemical education*. Dordrecht: Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8>
- Gilbert, J. (1998). Explaining with models. In M. Ratcliffe (Ed.), *ASE Guide to Secondary Science Education* (pp. 159–174). Hatfield: The Association for Science Education.
- Gómez, D. & Arteaga, D. (2024). Estrategias de aprendizaje activo en la enseñanza de la química: aula invertida-técnicas de aprendizaje virtual. *Revista UNIMAR*, 42(2), 138–153. <https://doi.org/10.31948/ru.v42i2.3684>
- González, E. (2021). *Enseñanza de los enlaces químicos mediante simuladores [Tesis de grado, Universidad Industrial de Santander]*. Noesis UIS.
<https://noesis.uis.edu.co/bitstreams/ff023a37-fd7d-44e9-8c6f-224fddfe3022/download>
- Grossman, P. (1990). *The making of a teacher: teacher knowledge and teacher education*. Teachers College Press, Teachers College, Columbia University.
https://books.google.com.co/books/about/The_Making_of_a_Teacher.html?id=DgNrQgAACAAJ&redir_esc=y
- Harrison, A. & Treagust, D. (2000). Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: a case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. *Science Education*, 84(3), 352–381. <https://eric.ed.gov/?id=EJ605608>
- Hernández, D. & Herrera, C. (2023). Modelo didáctico en el proceso enseñanza-aprendizaje en nivel superior. *Revista Científica Digital de Educación*, 10(2), 48–60. <https://doi.org/10.18050/eduser.v10n2a5>
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008>
- Hill, W., McCreary, T. & Kolb, D. (2010). *Chemistry for changing times* (12th ed.). Prentice Hall, New York.

<https://archive.org/details/chemistry-for-changing-times-john-w.-hill-terry-w.-mc-creary-doris-k.-kolb-paper>

- Hodson, D. (2003). Time for action: science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25(6), 645–670.
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500690305021>
- Hume, A., Cooper, R. & Borowski, A. (ed.), (2019). *Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science*. Singapore: Springer
<https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2>
- Hunter, K., Rodríguez, J. & Becker, N. (2022). Una revisión de la investigación sobre la enseñanza y el aprendizaje del enlace químico. *Journal of Chemical Education*, 99(7), 2451–2464. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00034>
- Ibrahimi, E., Miri, F. & Koçiaj, I. (2024). Una evaluación de la integración de las TIC en los procesos de enseñanza del profesorado de ciencias: el caso de Albania. *Revista de Educación en Tecnología y Ciencias*, 14(2), 405–417.
<https://doi.org/10.3926/jotse.2319>
- ICFES. (2022). Resultados por región: ciencias naturales 9°. <https://www.icfes.gov.co>
- Institución Educativa Santa Luisa de Marillac. (2024). Proyecto educativo institucional (PEI). Villamaría, Caldas.
- Iryani, N., Bayharti, N., Iswendi, N., & Putra, R. (2021). Effect of Using Guided Inquiry-Based Chemical Bonding Modules on Student Learning Outcomes. *Journal Of Physics Conference Series*, 1788(1), 012022.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1788/1/012022>
- Istiqomah, N., & Salirawati, D. (2023). Development of Inquiry-Based Student Worksheets on Chemical Bonding Material. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(4), 1974-1981. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i4.3118>
- Izquierdo, M. & Estany, A. (1990). La evolución del concepto de afinidad analizada desde el modelo de S. Toulmin. *Llull: Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas*, 13(25), 349-378.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=62077>
- Joki, J., Lavonen, J., Juuti, K., & Aksela, M. (2015). Coulombic interaction in Finnish middle school chemistry: a systemic perspective on students' conceptual

- structure of chemical bonding. *Chemistry Education Research And Practice*, 16(4), 901-917. <https://doi.org/10.1039/c5rp00107b>
- Karacop, A. & Doymus, K. (2013). Effects of jigsaw cooperative learning and animation techniques on students' understanding of chemical bonding and their conceptions of the particulate nature of matter. *J. Sci. Educ. Technol.*, 22, 186–203. <https://doi.org/10.1007/s10956-012-9385-9>
- Kim, M. & Aktan, T. (2014). How to enlarge the scope of the curriculum integration of mathematics and science (CIMAS): a delphi study. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 10(5), 455-469. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2014.1115a>
- Kind, V. (2004). *Beyond appearances: students' misconceptions about basic chemical ideas* (2nd ed.). Royal Society of Chemistry. https://www.researchgate.net/publication/228799159_Beyond_Apearances_Students'_Misconceptions_About_Basic_Chemical_Ideas
- Kippers, W., Wolterinck, C., Schildkamp, K., Poortman, C. & Visscher, A. (2018). Teachers' views on the use of assessment for learning and data-based decision making in classroom practice. *Teaching and Teacher Education*, 75, 199–213. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2018.06.015>
- Lacolla, L. (2024). Enseñanza de las ciencias en contexto: reflexiones y ejemplos de enseñanza de química con enfoque química-tecnología-sociedad (QTS). *Educación Química*, 35(1). <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2024.1.85824>
- Lederman, N. (2007). Nature of science: past, present, and future. En S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-879). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. [https://ipa-pasca.unpak.ac.id/pdf/bahan_ajar/2024/Handbook%20of%20Research%20on%20Science%20Education%20\(Vol.%203\).pdf](https://ipa-pasca.unpak.ac.id/pdf/bahan_ajar/2024/Handbook%20of%20Research%20on%20Science%20Education%20(Vol.%203).pdf)
- Li, X., Muñiz, M., Chun, J., Tai, F., Guerra, D. & York, M. (2022). Inquiry-based activities and games that engage students in learning atomic orbitals. *Journal of Chemical Education*, 99(5), 2175–2181. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c01023>

- Loughran, J., Berry, A. & Mulhall, P. (2012). Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge, vol. 12, Springer Science & Business Media. <http://dx.doi.org/10.1007/978-94-6091-821-6>
- Macías, D. & Cevallos, H. (2021). Estrategia didáctica para la virtualidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la química. *Polo del Conocimiento*, 6(11), 1515–1535. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i11.3342>
- Magnusson, S., Krajcik, J. & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In Gess-Newsome, J. & Lederman, N. G. (ed.), *Examining Pedagogical Content Knowledge*, Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers, pp. 95–132. https://doi.org/10.1007/0-306-47217-1_4
- Marcano, K. & Cedeño, M. (2019). Uso de las TIC en los procesos de enseñanza y aprendizaje del contenido "enlace químico", centrado en habilidades cognitivas en estudiantes de educación media chilena. *Revista Educación las Américas*, 9. <https://doi.org/10.35811/rea.v9i0.61>
- Marcano, K. (2021). Uso de modelos moleculares para la enseñanza del enlace químico: impacto académico estudiantil. *Revista Educación Las Américas*, 11(2). <https://doi.org/10.35811/rea.v11i2.156>
- Mason, L. (2020). Cambio conceptual. En *Oxford Research Encyclopedia of Education*. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190264093.013.870>
- Mavhunga, E. (2019). Exposing pathways for developing teacher pedagogical content knowledge at the topic level in science. En A. Hume, R. Cooper & A. Borowski (Eds.), *Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science* (pp. 131–150). Springer. http://dx.doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_5
- McMILLAN, J. H. Y SCHUMACHER, S. (2005). *Investigación Educativa. Una introducción conceptual*. Madrid: Pearson Addison Wesley (5th Edición), 656. <https://revistas.uam.es/tarbiya/article/view/7222>
- Medina, M. (2023). Enseñanza y aprendizaje del concepto de enlace químico en estudiantes de grado noveno [Tesis de maestría, Universidad Nacional de

- Colombia]. Repositorio Institucional UNAL.
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/64518>
- Merino, J. & Herrero, F. (2007). Resolución de problemas experimentales de química: una alternativa a las prácticas tradicionales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 19. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2470936>
- Ministerio de Educación Nacional. (1998). Lineamientos curriculares: ciencias naturales y educación ambiental [PDF]. República de Colombia, Ministerio de Educación Nacional.
https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-89869_archivo_pdf5.pdf
- Ministerio de Educación Nacional. (2006). Documento orientador para el fortalecimiento de competencias en ciencias naturales.
https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-81033_archivo_pdf.pdf
- Ministerio de Educación Nacional. (2006). Estándares básicos de competencias en ciencias naturales y educación ambiental: formar en ciencias, el reto.
https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-116042_archivo_pdf2.pdf
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (s.f.). Vive digital: el plan para que todos los colombianos vivan mejor. República de Colombia.
https://mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/articles-1510_recurso_1.pdf
- Morales, A. (2018). Enseñanza y aprendizaje del concepto enlace químico en estudiantes de grado octavo [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia].
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/64518>
- Muñoz, M. (2010). Conociendo los modelos materiales sobre enlace químico a través de una unidad didáctica basada en la enseñanza de los modelos y el modelaje científico, para nivel medio superior [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Maestría en Docencia para la Educación Media Superior.
<http://132.248.9.195/ptb2011/enero/0665732/Index.html>
- Nahum, T., Mamlok, R., Hofstein, A. & Krajcik, J. (2007). Developing a new teaching approach for the chemical bonding concept aligned with current scientific and pedagogical knowledge. *Science Education*, 91(4), 579–603.
<https://doi.org/10.1002/sce.20201>

- Nahum, T., Mamlok-Naamán, R., Hofstein, A. & Taber, K. (2010). Enseñanza y aprendizaje del concepto de enlace químico. *Estudios en Educación Científica* 46(2):179-207. <https://doi.org/10.1080/03057267.2010.504548>
- Nakiboglu, C. (2003). Instructional misconceptions of Turkish prospective chemistry teachers about atomic orbitals and hybridization. *Chemistry Education: Research & Practice*, 4, 171-188. <http://dx.doi.org/10.1039/B2RP90043B>
- National Research Council. (1996). National science education standards. Washington, DC: National Academy Press. <https://doi.org/10.17226/4962>
- Novak, J. (2011). A theory of education: meaningful learning underlies the constructive integration of thinking, feeling, and acting leading to empowerment for commitment and responsibility. *Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review*, 1(2), 1-14. https://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID7/v1_n2_a2011.pdf
- Nzomo, C., Rugano, P., Njoroge, J. & Gitonga, C. (2023). Aprendizaje basado en la investigación y autoeficacia de los estudiantes en química en escuelas secundarias de Kenia. *Heliyón*, Volumen 9, Número 1, e12672, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12672>
- Olmos, K. (2021). Estudio de caso como método de enseñanza y estilos de aprendizaje: una estrategia para promover la comprensión del concepto “disolución” [Tesis de grado, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio Institucional Universidad Pedagógica Nacional. <http://hdl.handle.net/20.500.12209/16627>
- Özmen, H. (2008). La influencia de la instrucción asistida por computadora en la comprensión conceptual de los estudiantes sobre el enlace químico y la actitud hacia la química: un caso para Turquía. *Computadoras y educación*, Volumen 51, Número 1, Pp. 423-438, <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2007.06.002>
- Pacaci, C., Ustun, U. & Faruk, O. (2023). Effectiveness of conceptual change strategies in science education: a meta-analysis. *Journal of Research in Science Teaching* Volume 61, Issue 6 p. 1263-1325. <https://doi.org/10.1002/tea.21887>
- Park, S. & Suh, J. (2019). The PCK map approach to capturing the complexity of enacted PCK (ePCK) and pedagogical reasoning in science teaching. En A. Hume, R. Cooper & A. Borowski (Eds.), *Repositioning pedagogical content*

- knowledge in teachers' knowledge for teaching science (pp. 187–197). Springer.
http://dx.doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_8
- Penn, M. & Ramnarain, U. (2019). Un análisis comparativo del aprendizaje de la química en laboratorios virtuales y tradicionales. *Perspectivas en Educación* 37(2):80-97. <http://dx.doi.org/10.18820/2519593X/pie.v37i2.6>
- Pérez, F., Siso, Z., Aragón, L. & Donoso Díaz, S. (2024). Obstáculos para la construcción de cultura y alfabetización científica en la enseñanza de las ciencias. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, 16(33), e3035.
<https://doi.org/10.22430/21457778.3035>
- Piaget, J. (1960). *El estructuralismo* (C. Maschler, Trad.). Publicaciones Cruz O., S.A. (Edición en español). [Original publicado en 1960].
<https://desarmandolacultura.wordpress.com/wp-content/uploads/2018/04/piaget-jean-el-estructuralismo.pdf>
- Posner, G., Strike, K., Hewson, P. & Gertzog, W. (1982). Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211–227. <https://doi.org/10.1002/sce.3730660207>
- Presidencia de la República de Colombia. (1994). Decreto 1860 de 1994: por el cual se reglamenta la organización de la educación formal en los niveles de educación básica y media.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=258>
- Putra, G. & Tang, K. (2016). Disciplinary literacy instructions on writing scientific explanations: a case study from a chemistry classroom in an all-girls school. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 17, 569–579. <https://doi.org/10.1039/c6rp00022c>
- Quinga, C., Zambrano, A., Mendoza, Y. & Lara, F. (2023). Brecha digital en la educación: causas y soluciones. *Space Scientific Journal of Multidisciplinary*, 1(4), 1-19. <https://doi.org/10.63618/omd/ssjm/v1/n4/21>
- Rahman, H., Abdul, S., Ahmad, F. & Ali, N. (2024). Aprendizaje basado en juegos en el metaverso: aula virtual de química para la formación en enlace químico a distancia. *Educación y tecnologías de la información*. Volumen 29, páginas 19595–19619. <http://dx.doi.org/10.1007/s10639-024-12575-5>

- Rincón, L. (2005). Enlace químico. Mérida: VII Escuela Venezolana para la Enseñanza de la Química.
<https://www.studocu.com/cl/document/universidad-de-las-americas-chile/ciencias-naturales-iii-quimica-y-su-didactica/enlace-quimico-escuela-venezolana/78544147>
- Rojas, K. (2024). El uso de material didáctico en el proceso de enseñanza aprendizaje en el área de ciencias naturales en cuarto año de educación básica [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio UPS.
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27106>
- Rollnick, M., Bennett, J., Rhemtula, M., Dharsey, N. & Ndlovu, T. (2008). The place of subject matter knowledge in pedagogical content knowledge: a case study of South African teachers teaching the amount of substance and chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1365–1387.
<https://doi.org/10.1080/09500690802187025>
- Sanabria, J., Silveira, Y. & Herrera, S. (2024). Incidencias de las estrategias didácticas aplicadas en la educación física en instituciones educativas de Montería, Colombia. *Retos*, 61, 1351–1361. <https://doi.org/10.47197/retos.v61.110619>
- Sánchez, S., Gallegos, L. & Flores, F. (2015). El aprendizaje de la química en los nuevos "laboratorios de ciencia para el bachillerato UNAM". *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, VI(17), 38-57.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=299141540003>
- Schultze, F. & Nilsson, P. (2018). Coteaching with senior students – a way to refine teachers' PCK for teaching chemical bonding in upper secondary school. *Int. J. Sci. Educ.*, 1–19.
<https://www.tandfonline.com/action/showCitFormats?doi=10.1080/09500693.2018.1436792>
- Segarra, S., Zamora, S., González, S. & Vitonera, M. (2023). El aprendizaje significativo en la educación actual: una reflexión desde la perspectiva crítica. *Revista Educare*, 27(1), 219–230. <http://dx.doi.org/10.46498/reduipb.v27i1.1896>

- Serna, N. (2020). Enseñanza y aprendizaje del concepto de enlace químico en estudiantes de básica secundaria rural [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/79012>
- Shulman, L. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educ. Res.*, 15, 4–14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harvard Educ. Rev.*, 57, 1–23. <http://dx.doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>
- Taber, K. (1998a). An alternative conceptual framework from chemistry education. *International Journal of Science Education*, 20(5), 597–608. <https://doi.org/10.1080/0950069980200507>
- Taber, K. (1998b). The sharing-out of nuclear attraction: or 'i can't think about physics in chemistry'. *International Journal of Science Education*, 20(8), 1001-1014. <https://doi.org/10.1080/0950069980200807>
- Taber, K. (2001a). The mismatch between assumed prior knowledge and the learner's conceptions: a typology of learning impediments. *Educ. Studies*, 27, 159–171. <http://dx.doi.org/10.1080/03055690125159>
- Taber, K. (2001b). Building the structural concepts of chemistry: some considerations from educational research. *Chemistry Education Research and Practice*, 2(2), 123–158. <http://dx.doi.org/10.1039/B1RP90014E>
- Taber, K. (2003). Understanding ionization energy: physical, chemical and alternative conceptions. *Chemistry Education: Research & Practice*, 4, 149-169. <http://dx.doi.org/10.1039/B3RP90010J>
- Taber, K. (2005). Conceptual integration and science learners – do we expect too much? Ponencia invitada presentada en el Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds. <https://www.educ.cam.ac.uk/research/programmes/eclipse/CSSME2005.pdf>
- Taber, K. (2008a). Conceptual resources for learning science: issues of transience and grain-size in cognition and cognitive structure. *International Journal of Science Education*, 30(8), 1027-1053. <http://dx.doi.org/10.1080/09500690701485082>

- Taber, K. (2008b). Exploring conceptual integration in student thinking: evidence from a case study. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1915-1943.
<http://dx.doi.org/10.1080/09500690701589404>
- Talanquer, V. (2007). Explanations and teleology in chemistry education. *International Journal of Science Education*, 29(7), 853–870.
<https://doi.org/10.1080/09500690601087632>
- Talanquer, V. (2013). How do students reason about chemical substances and reactions? In G. Tsaparlis & H. Sevian (Eds.), *Concepts of matter in science education* (pp. 331–346). Dordrecht: Springer. http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-5914-5_16
- Tarhan, L., Ayar, H., Urek, R. & Acar, B. (2008). Problem-based learning in 9th grade chemistry class: ‘intermolecular forces’. *Res. Sci. Educ.*, 38, 285–300.
<https://doi.org/10.1007/s11165-007-9050-0>
- Tepner, O. & Sumfleth, E. (2019). Postscript. In Hume, A., Cooper, R. & Borowski, A. (ed.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers’ Knowledge for Teaching Science*, Singapore: Springer, pp. 319.
<http://dx.doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2>
- The IUPAC Compendium of Chemical Terminology. (2008).
<https://doi.org/10.1351/goldbook>
- The Royal Society of Chemistry (2021). Enseñanza y aprendizaje en el laboratorio de química escolar. <https://doi.org/10.1039/9781839164712-00001>
- Toomey, R. & Garafalo, F. (2003). Linking physics with chemistry - opportunities in a constructivist classroom. *Chemistry Education: Research & Practice*, 4, 189-204.
<http://dx.doi.org/10.1039/B2RP90044K>
- Torres, Y. & Cuellar, Z. (2024). Estrategias didácticas mediadas por las tecnologías de información y comunicación en el aprendizaje significativo de la química. *REDHECS: Revista electrónica de Humanidades, Educación y Comunicación Social*, 28(1), 61–81. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10161604>
- Tsaparlis, G. & Pappa, E. (2011). Types of intra- and intermolecular bonding: the case of general chemistry textbooks. *E-Proceedings of the ESERA 2011 Conference*.
<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.3308.9040>

- Tsaparlis, G., Pappa, E. & Byers, B. (2018). Teaching and learning chemical bonding: research-based evidence for misconceptions and conceptual difficulties experienced by students in upper secondary schools and the effect of an enriched text. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(4), 1253–1269. <http://dx.doi.org/10.1039/c8rp00035b>
- Tsaparlis, G., Pappa, E. & Byers, B. (2020). Proposed pedagogies for teaching and learning chemical bonding in secondary education. *Chemistry Teacher International*, 2(1), 20190002. <https://doi.org/10.1515/cti-2019-0002>
- Tuysuz, M., Bektas, O., Geban, O., Ozturk, G. & Yalvac, B. (2016). Pre-Service Physics and Chemistry Teachers' Conceptual Integration of Physics and Chemistry Concepts. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(6), 1549-1568. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1244a>
- UNESCO & Associação Brasileira das Instituições de Pesquisa Tecnológica e Inovação. (2003). *Ciencia para el siglo XXI: una nueva visión y una base para la acción*. UNESCO; ABIPTI. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000131550_por
- Universidad de Investigación e Innovación de México. (s.f.). *Líneas de investigación: doctorado en educación e innovación [PDF]*. Universidad de Investigación e Innovación de México. <https://www.uiix.edu.mx>
- van Dulmen, T., Visser, T., Coenders, F., Pepin, B. & McKenney, S. (2023). Learning to teach chemical bonding: a framework for preservice teacher educators. *Chemistry Education Research and Practice*, 24(4), 896–913. <https://doi.org/10.1039/d2rp00049k>
- Vanassche, E. & Berry, A. (2020). Teacher educator knowledge, practice, and S-STTEP research. In Kitchen, J. et al. (ed.), *International Handbook of Self-Study of Teaching and Teacher Education Practices*, Singapore, Springer, pp. 177–213. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6880-6_6
- Vanassche, E. & Kelchtermans, G. (2015). The state of the art in self-study of teacher education practices: a systematic literature review. *J. Curriculum Studies*, 47(4), 508–528. <http://dx.doi.org/10.1080/00220272.2014.995712>
- Vázquez, Á. & Manassero, M. (2012). La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 1): una revisión de las aportaciones

- de la investigación didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 2-31. <https://www.redalyc.org/pdf/920/92024530002.pdf>
- Vizcarra, Y. & Vizcarra, A. (2021). El laboratorio portátil: herramienta efectiva de enseñanza de la química en entornos rurales. *Educación química*, 32(2), 37-52. Publicación electrónica 11 de octubre de 2021. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.2.72724>
- Vrabec, M. & Proks̃a, M. (2016). Identifying misconceptions related to chemical bonding concepts in the Slovak school system using the bonding representations inventory as a diagnostic tool. *J. Chem. Educ.*, 93, 1364–1370. <http://dx.doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00953>
- Vygotsky, L. (1978). *Mind in society: the development of higher psychological processes*. Harvard University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctvjf9vz4>
- Waldrip, B. & Prain, V. (2012). Developing an understanding of ions in junior secondary school chemistry. *Int. J. Sci. Math. Educ.*, 10, 1191–1213. <https://doi.org/10.1007/s10763-011-9327-7>
- Warfa, A., Roehrig, G., Schneider, J. & Nyachwaya, J. (2014). Collaborative discourse and the modeling of solution chemistry with magnetic 3D physical models – impact and characterization. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 15, 835–848. <https://doi.org/10.1039/C4RP00119B>
- Welma, E. (2023). Tecnologías emergentes y su impacto en la educación química del siglo XXI. *Revista Venezolana de Investigación*, 23(1), 210–220. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. https://revistas.upel.edu.ve/index.php/sinopsis_educativa/article/view/2910
- Williams, S. (2020). *Las representaciones usadas en los libros de texto para la enseñanza del enlace químico: análisis semiótico de la unidad de enlace químico en los libros de texto e intervención didáctica en estudiantes de educación media en Chile [Tesis doctoral, Universidad de Granada]*. <http://hdl.handle.net/10481/66647>
- Zevallos, J., Chuquimia, M., Vilca, N. & Dávila, O. (2024). Factores motivacionales para el logro de aprendizajes: una revisión sistemática. *Horizontes. Revista De*

Investigación En Ciencias De La Educación, 8(35), 2610–2624.

<https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v8i35.891>

Zompero, A., Parga, D., Werner, C. & Vildósola, X. (2022). Competencias científicas en los currículos de ciencias naturales: estudio comparativo entre Brasil, Chile y Colombia. *Praxis & Saber*, 13(34), e13401.

<https://doi.org/10.19053/22160159.v13.n34.2022.13401>

ANEXOS

A 1. Estructura del Grupo Focal

Título del instrumento: Grupo focal para valorar el impacto del modelo didáctico mediado por TIC en el aprendizaje del concepto de enlace químico.

Objetivo general:

Recoger valoraciones, experiencias y percepciones de los estudiantes y docentes sobre la implementación del modelo didáctico propuesto para la enseñanza del concepto de enlace químico y su relación con la vida cotidiana.

Participantes:

- **Estudiantes:** 6 a 8 estudiantes de grado 9º1, seleccionados por muestreo intencional (participativos, diversos en nivel de desempeño y percepción del área).
- **Docentes:** 4 docentes (uno de química, otros de áreas afines como biología, tecnología o ciencias naturales).

Duración:

60 minutos.

Modalidad:

Presencial, con grabación de audio o registro escrito (previo consentimiento informado).

Preguntas guía para estudiantes:

1. ¿Qué aprendiste sobre el concepto de enlace químico con el modelo usado?
2. ¿Qué elementos del modelo (videos, simulaciones, laboratorio) te ayudaron más?
3. ¿Sentiste que lo aprendido tenía relación con tu vida diaria? ¿Cómo?
4. ¿Qué cambiarías o mejorarías del modelo didáctico?
5. ¿Recomendarías este tipo de clases a otros cursos? ¿Por qué?

Preguntas guía para docentes:

1. ¿Qué diferencias observaste en el aprendizaje o actitud de los estudiantes frente al tema?
2. ¿Qué potenciales tiene el modelo para aplicarse en otras áreas o niveles?
3. ¿Cómo percibes la integración de TIC y prácticas experimentales en este tipo de enseñanza?
4. ¿Qué desafíos encontraste en la implementación del modelo?
5. ¿Qué ajustes considerarías necesarios para fortalecer el modelo?

A 2. Instrumento: Evaluación del Modelo Didáctico Mediado por TIC en el Aprendizaje del Enlace Químico

Instrucciones: Marca con una “X” la opción que mejor refleje tu experiencia personal respecto a cada afirmación.

Escala:

- 1 = Totalmente en desacuerdo
 2 = En desacuerdo
 3 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo
 4 = De acuerdo
 5 = Totalmente de acuerdo

N.º	Ítem	
1	El uso de herramientas digitales (TIC) me permitió comprender mejor el concepto de enlace químico.	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
2	Las simulaciones interactivas facilitaron la visualización de los enlaces entre átomos.	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
3	El modelado con plastilina o herramientas 3D me ayudó a construir mentalmente las estructuras moleculares.	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
4	Las prácticas de laboratorio me permitieron experimentar y aplicar los conceptos de manera concreta.	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
5	El trabajo práctico durante las clases me ayudó a entender mejor la formación de enlaces químicos.	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
6	Las actividades desarrolladas me ayudaron a relacionar el contenido de química con situaciones de la vida real.	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
7	Pude entender mejor el enlace químico al compararlo con relaciones humanas como la amistad.	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
8	Me sentí más motivado(a) para aprender química con este modelo didáctico que con las clases tradicionales.	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
9	Mi participación en clase aumentó gracias al uso de tecnologías y actividades prácticas.	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
10	El uso de recursos digitales me permitió repasar el contenido por mi cuenta.	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
11	La metodología empleada me ayudó a superar mis confusiones sobre lo que es un átomo y cómo se enlazan los elementos.	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
12	Me siento capaz de representar correctamente una molécula luego de trabajar con simulaciones y modelos.	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
13	Este modelo de enseñanza me ayudó a integrar lo aprendido en química con otras áreas del conocimiento.	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
14	Me gustó la forma en que se combinaron herramientas tecnológicas y actividades manuales.	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
15	El aprendizaje fue más significativo al poder interactuar y experimentar directamente los conceptos.	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
16	Considero que este tipo de enseñanza debería aplicarse a otros temas científicos.	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5

A.3 Instrumento para Docentes: Evaluación del Modelo Didáctico Mediado por TIC en el Aprendizaje del Enlace Químico

Instrucciones: Marque con una “X” la opción que mejor refleje su percepción sobre la efectividad de las estrategias y recursos utilizados durante la implementación del modelo didáctico.

N ^o	Ítem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	El uso de TIC (videos, recursos digitales, plataformas interactivas) favoreció la comprensión del enlace químico en los estudiantes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Las simulaciones digitales facilitaron que los estudiantes visualizaran el proceso de formación de enlaces entre átomos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	El uso de modelado 3D (plastilina, representaciones físicas) mejoró la representación mental de estructuras moleculares en los estudiantes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Las prácticas de laboratorio contribuyeron a que los estudiantes aplicaran de forma concreta los conceptos de enlace químico.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Las actividades prácticas en general aumentaron la comprensión del contenido por parte de los estudiantes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Los estudiantes lograron establecer conexiones entre el contenido de química y fenómenos de su vida cotidiana.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Las analogías utilizadas (como las relaciones humanas para explicar enlaces) ayudaron a una mejor apropiación conceptual.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	La implementación del modelo didáctico incrementó la motivación de los estudiantes por aprender química.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Observé un aumento en la participación activa de los estudiantes durante las sesiones didácticas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Los recursos digitales facilitaron la autonomía de los estudiantes en su proceso de aprendizaje.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Los estudiantes superaron confusiones previas sobre la estructura atómica y el concepto de enlace químico gracias a las estrategias aplicadas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Los estudiantes lograron representar con mayor precisión las moléculas y sus enlaces tras el uso de herramientas didácticas innovadoras.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	La combinación de TIC, modelado 3D y laboratorios generó una experiencia de aprendizaje más significativa.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	La metodología permitió integrar contenidos de química con otros saberes y contextos escolares.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	Considero que esta propuesta promueve aprendizajes transferibles a otros contextos y asignaturas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	Este modelo didáctico es replicable en otros temas de ciencias naturales.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Anexo 4: Validación de instrumentos. Juez 1

Anexo: Constancia de validación de instrumento pretest y postest

Constancia de validación

yo Lady Johanna Bustamante Montoya de
 profesión licenciada en Biología y Química, Magister en Enseñanza de las
Ciencias Exactas y Naturales, Doctorante en Ciencias de la educación

Ejerciendo actualmente como: Docente en la institución Educativa:
Santa Wisa de Marillac

Con 10 años de experiencia docente, hago constar que revise con fines de validación, el
 instrumento Cuestionario de ideas previas, diseñado por la investigadora
Ángela Morales Ríos luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo establecer
 las siguientes observaciones:

	Deficiente	Aceptable	Excelente
Amplitud de los contenidos			X
Redacción de los ítems			X
Congruencia con las dimensiones a evaluar			X
Precisión de los ítems			X
Innovación y didáctica de los ítems			X

En la ciudad de Caldas, Municipio de Villamaría a
 los 13 días del mes de Enero del año 2025

Johanna B CC: 1053790645

Firma del validador

Anexo: Constancia de validación de instrumento escala de Likert

Constancia de validación

yo Lady Johanna Bustamante Montoya de
profesión Licenciada en Biología y Química, Magister en Enseñanza de
las Ciencias Exactas y Naturales, Doctorante en Ciencias de la Educación.

Ejerciendo actualmente como: Docente en la institución Educativa:
Santa Luisa de Marillac, con 10 años de experiencia docente,
hago constar que revise con fines de validación, el instrumento Cuestionario para docentes
diseñado por investigadora Angela Morales Ríos; luego de hacer las
observaciones pertinentes, puedo establecer las siguientes observaciones:

	Deficiente	Aceptable	Excelente
Amplitud de los contenidos			X
Redacción de los ítems			X
Congruencia con las dimensiones a evaluar			X
Precisión de los ítems			X
Innovación y didáctica de los ítems			X

En la ciudad de Caldas, Municipio de Villamaría a
los 4 días del mes de Marzo del año 2025

Johanna B cc:1053790645

Firma del validador

Validación de instrumentos. Juez 2

Anexo: Constancia de validación de instrumento pretest y postest

Constancia de validación


Yo María Clemencia Patiño Rendón de
profesión Licenciada en Educación Básica Primaria, Especialista en Aplicación de TIC para la
Enseñanza, Magister en TIC para la educación.

Ejerciendo actualmente como: Docente en la institución Educativa:
Santa Luisa de Marillae

Con 31 años de experiencia docente, hago constar que revise con fines de validación, el
instrumento Cuestionario de ideas previas, diseñado por la investigadora
Angela Morales Ríos luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo establecer
las siguientes observaciones:

	Deficiente	Aceptable	Excelente
Amplitud de los contenidos			X
Redacción de los ítems			X
Congruencia con las dimensiones a evaluar			X
Precisión de los ítems			X
Innovación y didáctica de los ítems			✓

En la ciudad de Caldas, Municipio de Villamaría a
los 13 días del mes de Enero del año 2025



Firma del validador

Anexo: Constancia de validación de instrumento escala de Likert

Constancia de validación

Yo María Olemencia Patiño Rendón de
 profesión Licenciada en Educación Primaria, Especialista en aplicación de TIC para la
 Enseñanza y Magister en TIC para la educación.

Ejerciendo actualmente como: Docente en la institución Educativa:
Santa Lúcia de Marillae, con 31 años de experiencia docente,
 hago constar que revise con fines de validación, el instrumento Cuestionario para docentes
 diseñado por investigadora Angela Morales Ríos; luego de hacer las
 observaciones pertinentes, puedo establecer las siguientes observaciones:

	Deficiente	Aceptable	Excelente
Amplitud de los contenidos			X
Redacción de los ítems			X
Congruencia con las dimensiones a evaluar			X
Precisión de los ítems			X
Innovación y didáctica de los ítems			X

En la ciudad de Caldas, Municipio de Villamaría a
 los 4 días del mes de marzo del año 2025



Firma del validador

Validación instrumento Juez 3

Anexo: Constancia de validación de instrumento pretest y postest

Constancia de validación

yo Germán Orozco Vallejo de
 profesión Ingeniero en Sistemas, especialista en computación para la docencia,
Magister en educación, Doctor en educación, PhD en educación,

Ejerciendo actualmente como: Docente en la institución Educativa:
Santa Luisa de Marillac

Con 15 años de experiencia docente, hago constar que revise con fines de validación, el
 instrumento Cuestionario de ideas previas, diseñado por la investigadora
Angela Morales Ríos luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo establecer
 las siguientes observaciones:

	Deficiente	Aceptable	Excelente
Amplitud de los contenidos			X
Redacción de los ítems			X
Congruencia con las dimensiones a evaluar			X
Precisión de los ítems			X
Innovación y didáctica de los ítems			X

En la ciudad de Manizales, Municipio de Villamaría a
 los 13 días del mes de 01 del año 2025

Germán Orozco Vallejo

Firma del validador

Anexo: Constancia de validación de instrumento escala de Likert**Constancia de validación**

Yo Germán Orozco Vallego de
 profesión Ingeniero de Sistemas, Especialista en computación para la docencia,
Magister en educación, Doctor en educación, Phd en educación,

Ejerciendo actualmente como: Docente en la institución Educativa:
Santa Luisa de Marillac, con 15 años de experiencia docente,

hago constar que revise con fines de validación, el instrumento Cuestionario para docentes
 diseñado por investigadora Angela Morales Ríos; luego de hacer las
 observaciones pertinentes, puedo establecer las siguientes observaciones:

	Deficiente	Aceptable	Excelente
Amplitud de los contenidos			X
Redacción de los ítems			X
Congruencia con las dimensiones a evaluar			X
Precisión de los ítems			X
Innovación y didáctica de los ítems			X

En la ciudad de Manizales, Municipio de Villamaría a
 los 04 días del mes de 03 del año 2025

Germán Orozco Vallego

Firma del validador

Validación de instrumento. Juez 4

Anexo: Constancia de validación de instrumento pretest y postest

Constancia de validación


Yo Wilson Omar Pico Vega de
profesión Licenciado en Pedagogía Reeducativa, Magister en educación y Doctor
en calidad educativa.

Ejerciendo actualmente como: Docente de Sociales en la institución Educativa:
Santa Luisa de Marillae

Con 24 años de experiencia docente, hago constar que revise con fines de validación, el
instrumento Cuestionario de ideas previas, diseñado por la investigadora
Angela Moraler Ríos luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo establecer
las siguientes observaciones:

	Deficiente	Aceptable	Excelente
Amplitud de los contenidos			X
Redacción de los ítems			X
Congruencia con las dimensiones a evaluar			X
Precisión de los ítems			X
Innovación y didáctica de los ítems			X

En la ciudad de Manizales, Municipio de Villamaría a
los 13 días del mes de enero del año 2025



Firma del validador

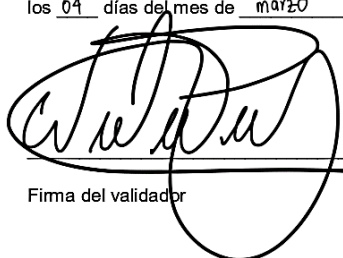
Anexo: Constancia de validación de instrumento escala de Likert**Constancia de validación**

Yo Wilson Omar Pico Vega de
 profesión Licenciado en Pedagogía Reeducativa, Magister en educación y
Doctor en Calidad educativa.

Ejerciendo actualmente como: Docente de Sociales en la institución Educativa:
Santa Lúcia de Marillac, con 24 años de experiencia docente,
 hago constar que revise con fines de validación, el instrumento Cuestionario para docentes
 diseñado por investigadora Angela Morales Ríos; luego de hacer las
 observaciones pertinentes, puedo establecer las siguientes observaciones:

	Deficiente	Aceptable	Excelente
Amplitud de los contenidos			X
Redacción de los ítems			X
Congruencia con las dimensiones a evaluar			X
Precisión de los ítems			X
Innovación y didáctica de los ítems			X

En la ciudad de Manizales, Municipio de Villamaría a
 los 04 días del mes de marzo del año 2025


 Firma del validador

Anexo 5. Evidencias de practica de laboratorio como estrategia didáctica de transformación de aprendizajes del concepto enlace químico

