UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN
UNAE

Educación en Ciencias Experimentales

Uso de simuladores virtuales bajo el modelo didáctico MAPIC para el aprendizaje del enlace químico en estudiantes de segundo de bachillerato

Autor:

Luis David Barahona Abad

Autora:

Nathaly Carolina Pacheco Fárez

Azogues - Ecuador

Febrero, 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN
UNAE

Trabajo de Titulación

Modalidad

Propuesta de Innovación Pedagógico - Curricular

Línea de investigación

Tecnologías para la educación

Autor:
Luis David Barahona Abad
Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Licenciado/a en Educación en Ciencias Experimentales

Autor:
Nathaly Carolina Pacheco Fárez
Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Licenciado/a en Educación en Ciencias Experimentales

Docente Tutor	Wilmer Orlando López González
CÓDIGO ORCID	**0000-0002-6197-8665**

Docente Cotutor	Melvis Lissety González Acosta
CÓDIGO ORCID	**0000-0002-4180-0632**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN

TODA LA INFORMACIÓN EXPRESA EN EL PRESENTE TRABAJO DE TITULACIÓN ES DE ABSOLUTA RESPONSABILIDAD DEL AUTOR Y TUTOR Y SE ENCUENTRA DEBIDAMENTE AUTORIZADA PARA SU CORRESPONDIENTE PUBLICACIÓN

AGRADECIMIENTOS Y/O DEDICATORIAS

Dedico este trabajo, ante todo, a mi madre, Erika Abad, por su amor, su esfuerzo y su confianza incluso en los momentos en que yo dudaba; a Galo Abril, quien ha sido mi figura paterna durante estos años, por su presencia firme, sus consejos y el ejemplo que ha marcado mi camino; a mis hermanos, Francisco Barahona, Cecilia Barahona y Natalia Contreras, por crecer conmigo, por acompañarme en cada etapa y recordarme siempre que la familia es fuerza; a mi familia en general y a mis amigos Israel y Andrés, por el apoyo, la paciencia y las palabras oportunas; y a mis docentes, por su guía y formación académica. Muchas gracias a todos por ser una parte de mi vida.

Luis David Barahona Abad

Quiero agradecer infinitamente a cada una de las personas que me acompañaron en este largo proceso y ayudaron para que este logro sea posible. En primer lugar, agradecer a Dios por permitirme cumplir una meta más en mi vida. También, agradecer de todo corazón a mis padres Fabián y Rosa, quienes fueron el apoyo fundamental durante el transcurso de mi carrera universitaria, que estuvieron para mí no solo en los momentos difíciles, sino también en cada meta alcanzada. De igual forma, a mis hermanas Paula y Fiorela, por su apoyo y amor incondicional, que me dieron las fuerzas necesarias para continuar.

Así también, gracias a mí misma por confiar en el proceso y no rendirme a pesar de las adversidades. A mis profesores, por guiarme y compartir sus conocimientos. Finalmente, agradecer profundamente a mis amigas, Valeria Paucar, Gabriela Padilla y María Guallpa, por compartir las mejores experiencias y aprendizajes a lo largo de nuestra carrera. Gracias por cada palabra de aliento que en ese momento necesitaba escuchar, por las risas, enojos, llantos, desvelos que siempre recordaré, porque se convirtieron en algo más que compañeras.

Un millón de gracias a todos ustedes que me impulsaron para culminar esta linda etapa.

Nathaly Carolina Pacheco Fárez

Resumen

El presente trabajo de investigación analiza cómo influye el uso de los simuladores virtuales bajo el modelo didáctico MAPIC (Motivación, Apropiación, Praxeología, Interpretación y Cuestionamiento), en el fortalecimiento del aprendizaje del enlace químico en estudiantes de segundo año de bachillerato en una institución pública urbana de la ciudad de Cuenca. Se sustentan aportaciones del aprendizaje experiencial en conjunto con el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), aplicadas a la enseñanza de la química. Se adopta un paradigma sociocrítico, el cual permite comprender la realidad social y generar cambios en la misma. Conjuntamente con el enfoque mixto, al integrar datos de carácter cualitativo y cuantitativo. Y el diseño preexperimental empleando grupos intactos sin asignación aleatoria de un grupo control debido a la falta de homogeneidad entre los mismos.

La intervención se ejecutó siguiendo los cinco momentos del modelo MAPIC e integrando simuladores PhET, Educaplus y FisQuiMat. Proponiendo actividades mediante hojas de trabajo en cada sesión. Los resultados obtenidos presentaron mejoras en el proceso de aprendizaje de los tres grupos, evidenciadas en las calificaciones y la participación activa de los estudiantes. Los resultados se sustentan en base a los instrumentos aplicados en el estudio como pretest, postest, entrevista a la docente y a estudiantes en grupos focales. Se concluye que la integración de simuladores virtuales con MAPIC constituye una alternativa pertinente para atender dificultades recurrentes en el aprendizaje del enlace químico en el bachillerato.

Palabras claves: Aprendizaje, Enlace químico, Modelo didáctico MAPIC, Química, Simuladores virtuales.

Abstract

This research study analyzes how the use of virtual simulators within the MAPIC (Motivation, Appropriation, Praxeology, Interpretation, and Questioning) teaching model influences the strengthening of chemical bonding learning among second-year high school students at a public urban institution in the city of Cuenca. It draws on contributions from experiential learning in conjunction with the use of Information and Communication Technologies (ICT) applied to the teaching of chemistry. A sociocritical paradigm is adopted, which allows for an understanding of social reality and the generation of change within it. This is combined with a mixed-methods approach, integrating both qualitative and quantitative data. A pre-experimental design was employed, using intact groups without random assignment of a control group due to the lack of homogeneity among them.

The intervention was implemented following the five stages of the MAPIC model and integrating PhET, Educaplus, and FisQuiMat simulators. Activities were proposed using worksheets in each session. The results showed improvements in the learning process across all three groups, evidenced by students' grades and active participation. The findings are supported by the instruments used in the study, including pretests, posttests, and interviews with the teacher and students in focus groups. It is concluded that the integration of virtual simulators with MAPIC is a viable alternative for addressing recurring challenges in teaching chemical bonding at the high school level.

Keywords: learning, chemical bonding, MAPIC teaching model, chemistry, virtual simulators.

Índice de contenido

Introducción 12
Línea de investigación 13
Problema de investigación 13
Interrogante de investigación 16
Objetivos 17
Objetivo general 17
Objetivos específicos 17
Justificación 17
Capítulo 1: Marco teórico 20
Antecedentes de la investigación 20
Bases teóricas o conceptuales 27
Aprendizaje de la química 27
Aprendizaje del enlace químico 28
Aprendizaje visual 29
Simuladores Virtuales 29
Tipos de simuladores 30
Modelo MAPIC como marco para la experimentación en química 31
Bases legales 32
Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) 32
Constitución de la República del Ecuador del 2008 33
Ley Orgánica de Educación Intercultural (LOEI) 33
Ley orgánica de protección de datos personales 34
Conclusiones del marco teórico 35
Capítulo 2: Marco metodológico 36
Paradigma de la investigación 36
Enfoque de la investigación 37
Tipo de investigación 38
Población 39
Operacionalización del objeto de estudio o categorías de análisis 40

Operacionalización de variable dependiente 40
Operacionalización de variable independiente 42
Operacionalización de la variable independiente 42
Métodos, técnicas e instrumentos de investigación 44
Observación 44
Diario de campo 45
Entrevista 46
Grupos focales 46
Pretest 47
Postest 48
Análisis y discusión de los resultados del diagnóstico 48
Análisis de los diarios de campo 49
Resultados de la entrevista aplicada a la docente 50
Resultados de los grupos focales 53
Análisis de los resultados del pretest 55
Regularidades como triangulación 63
Capítulo 3: Propuesta de intervención 64
Descripción de la propuesta 66
Cronograma de la propuesta de intervención educativa 66
Evaluación de la propuesta 73
Implementación de la propuesta 74
Organización de las sesiones de la intervención 75
Resultados obtenidos mediante la implementación realizada 79
Resultados del postest 81
Interpretación de los resultados en relación a la propuesta educativa 94
Resultados de los grupos focales 95
Regularidades de resultados 96
Conclusiones 98
Recomendaciones 100
Referencias bibliográficas 102

Anexos 109
Anexo 1. Ejemplo de hojas de trabajo utilizadas para la primera dimensión: 109
Anexo 2. Ejemplo de hojas de trabajo utilizadas para la segunda y tercera dimensión: 110
Anexo 3. Ejemplo de hojas de trabajo utilizadas para la cuarta y quinta dimensión: 110
Anexo 4. Pretest y Postest 111
Anexo 5. Diseño de los diarios de campo utilizados 111
Anexo 6. Protocolo y guía de preguntas para grupos focales 112
Anexo 7. Diseño base de las hojas de trabajo 113

Índice de tablas

Tabla 1 Síntesis de los antecedentes seleccionados para el diseño de la intervención. 25
Tabla 2 Operacionalización de variable dependiente 40
Tabla 3 Operacionalización de la variable independiente 42
Tabla 4 Análisis de los resultados de la entrevista aplicada a la docente 51
Tabla 5 Análisis de los resultados obtenidos a partir de los grupos focales 54
Tabla 6 Escala de calificaciones para el Nivel de Bachillerato General 56
Tabla 7 Cronograma de la propuesta organizada por sesiones 67
Tabla 8 Análisis de la normalidad por la prueba de Shapiro–Wilk 82
Tabla 9 Resultados de la diferencia promedio en cada grupo 83
Tabla 10 Resultados de la prueba de Wilcoxon en los resultados de pretest y postest. 84
Tabla 11 Resultados de los grupos focales post intervención 95

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Resultados del pretest 56
Ilustración 2 Resultados del pretest por dimensión 58
Ilustración 3 Resultados del pretest por dimensión 59
Ilustración 4 Resultados del pretest por dimensión 60
Ilustración 5 Modelo de aplicación del modelo didáctico MAPIC durante la intervención 72
Ilustración 6 Ejemplos de actividades de reflexión propia del alumnado durante las sesiones .. 81
Ilustración 7 Resultados de los promedios del pretest y postest de los grupos. 81
Ilustración 8 Resultados por dimensión del pre-test y postest del grupo A 86
Ilustración 9 Resultados por dimensión del pre-test y postest del grupo B 89
Ilustración 10 Resultados por dimensión del pretest y postest del grupo C 91

Introducción

En el aprendizaje de la química, es necesario que los estudiantes adquieran bases sólidas de los contenidos que se imparten al inicio de la educación media superior, debido a que estos son imprescindibles para el aprendizaje de futuros temas. De los primeros contenidos que se abordan, se encuentra el estudio del enlace químico, el cual explica el por qué y la manera en cómo los átomos se unen para formar compuestos estables. Entender este proceso, no solo permite la interpretación de la estructura y características de los elementos químicos, sino también, comprender la relación entre la composición de las sustancias y su comportamiento en diferentes reacciones químicas.

El aprendizaje del enlace químico requiere la comprensión de varios conceptos, entre ellos la estructura atómica, la cual permite conocer la naturaleza de cada uno de los elementos que se encuentran en la tabla periódica, junto con el término de electrones de valencia. Así también, es parte del aprendizaje comprender las propiedades periódicas como el radio atómico, afinidad electrónica, la electronegatividad, entre otras. Ya que explican, el por qué ciertos elementos químicos tienden a ganar, ceder o compartir electrones al formar un enlace químico, contribuyendo a la comprensión de las interacciones entre átomos.

Sin embargo, estos temas suelen abordarse mediante estrategias enfocadas en la memorización y clases magistrales, generando dificultad en la construcción y aplicación del conocimiento en estos temas en particular. Por ello, es necesario que en la formación docente se integre no sólo estrategias metodológicas sino también metodologías didácticas que permitan fortalecer e impulsar de manera sinérgica la participación activa de los estudiantes y la creación de conocimiento. En este marco de estudio, el uso de simuladores virtuales se presenta como una alternativa estratégica tanto para la observación, como para la experimentación y el análisis de

los diferentes tipos de enlace químico, con la finalidad de reforzar la comprensión conceptual y simbólica del contenido.

Por último, la propuesta se sostiene bajo el modelo didáctico MAPIC (Motivación, Apropiación, Praxeología, Interpretación y Cuestionamiento), planteado por Torres (2018), el cual se articula en cinco fases que integra aspectos cognitivos, procedimentales y actitudinales, favoreciendo al mismo tiempo la construcción progresiva del conocimiento. De tal manera, se pretende aportar no solo una estrategia sino a la vez una metodología que contribuya al aprendizaje de la química en el bachillerato.

Línea de investigación

El presente trabajo se enmarca en la línea de investigación "Tecnologías para la educación" y en la línea sublínea denominada educación, tecnologías, comunicación y sociedad. El estudio busca analizar, de qué manera la incorporación de herramientas digitales como el uso de simuladores virtuales como estrategia didáctica junto con el modelo didáctico MAPIC como metodología, contribuye al proceso de aprendizaje de los estudiantes de segundo año de bachillerato.

Problema de investigación

Es una realidad, que la mayoría de los estudiantes que cursan la educación media superior e incluso en la Universidad, al enfrentarse con las asignaturas que conforman las ciencias experimentales tales como: matemática, física, biología y química perciben a las materias difíciles y complejas de manera general, más aún comprender los temas que se encuentran en estas ciencias. Es decir, que durante el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias

experimentales tanto docentes como estudiantes se enfrentan a diversos desafíos, los primeros al momento de enseñar y en efecto los segundos al aprender.

Hernández y Benítez (2018) sostienen que en el transcurso de la enseñanza de las áreas de física y química los estudiantes cursan estas dos ciencias con dificultad en su aprendizaje. De la misma manera, los docentes que imparten las asignaturas relacionadas se enfrentan a diferentes retos, pero el principal es lograr que los estudiantes disfruten del proceso de aprendizaje de las mismas en su entorno y contexto. Por ello, es imprescindible comprender las dificultades desde diferentes perspectivas y más aún conocer a profundidad cómo es la enseñanza de las materias que conforman las ciencias experimentales.

La química contiene varios temas abstractos, los cuales requieren de tiempo, esfuerzo y dedicación por parte del estudiantado para lograr un aprendizaje claro y conciso. Dentro de los contenidos que resultan complejos se encuentran el estudio del enlace químico. Entender y dominar los conceptos que aborda este estudio es fundamental para el aprendizaje de la química (Benito, 2021). De igual manera, Flores et al. (2023) corroboran que el estudio de este tema es esencial para comprender las características físicas y químicas de las sustancias y la forma que se unen las partículas.

En base a estudios realizados en Ecuador en los registros INEVAL del periodo 2023-2024, en la evaluación Ser Estudiante a nivel de bachillerato, el análisis por temática aborda el tema del enlace químico en el objetivo E.CN.Q.5.4. Los resultados arrojados de las evaluaciones reflejan deficiencias en el aprendizaje del tema mencionado anteriormente, con evidencia que el 46.7% de los estudiantes se encuentran con necesidades de refuerzo. Además, se demuestra que

solamente el 1,1% alcanza un desempeño avanzado. A partir de los resultados obtenidos se puede deducir que los estudiantes presentan dificultad durante la adquisición de este aprendizaje.

De la misma manera, algo semejante ocurre en el contexto local. En base a las prácticas preprofesionales realizadas en una institución educativa pública ubicada en la ciudad de Cuenca, específicamente en segundo año de bachillerato, tanto en la modalidad técnica como en BGU, se identificaron problemas semejantes. En el transcurso de las prácticas, se observaron el desarrollo de las primeras clases de la asignatura de química, relacionada a los conceptos previos y abordaje del tema del enlace químico. Las clases fueron abordadas de igual manera en los tres paralelos que cursan el segundo año de bachillerato, por la docente responsable de la asignatura.

Durante el desarrollo de las clases los investigadores se enfocaron en primera instancia en la enseñanza del tema de estudio. A partir de las observaciones y registros realizados en los diarios de campo, se identificó que la docente se centra en el aprendizaje memorístico como guía para el proceso de enseñanza. Además, se evidenció una limitada aplicación de estrategias didácticas, observándose únicamente el uso de gamificación y clases magistrales con apoyo de actividades asincrónicas. Este contexto, reduce la experimentación dentro del aula y limita la posibilidad de que los estudiantes tengan una mejor visualización sobre los procesos de interacciones químicas.

Para el diagnóstico se revisaron los instrumentos de evaluación aplicados por la docente, entre ellos pruebas escritas, registros de participación en clase y trabajos realizados al finalizar cada sesión. Estos insumos permitieron valorar el dominio conceptual relacionado con la tabla periódica y los diferentes tipos de enlace químico, a partir de preguntas y ejercicios desarrollados por el estudiantado. En las pruebas escritas, más del 50% obtuvo calificaciones inferiores a 7. En

cuanto a la participación, se observó una intervención limitada, ya que solo un grupo reducido de estudiantes respondía a las preguntas planteadas durante la clase. Respecto a los trabajos, se identificó que, en varios casos, se replicaban procedimientos o respuestas de otros compañeros. Estas situaciones se registraron en los tres paralelos en los que la docente impartía la asignatura.

En síntesis, la enseñanza y aprendizaje del enlace químico en el contexto analizado se desarrolla bajo enfoques tradicionales centrados en la memorización, con limitada integración de estrategias didácticas que favorezcan la comprensión profunda de los conceptos. Esta situación genera una brecha entre los requerimientos del currículo que demandan el desarrollo de habilidades de observación y clasificación en el nivel de aprendizaje evidenciado por los estudiantes, quienes presentan dificultades en la comprensión de conceptos como electronegatividad, electrones de valencia y tipos de enlace. En consecuencia, se hace necesaria la implementación de estrategias didácticas, apoyadas en recursos tecnológicos y modelos pedagógicos activos, que contribuyan a fortalecer el aprendizaje del enlace químico de manera experiencial.

Interrogante de investigación

A partir del análisis anterior surge la siguiente interrogante: ¿De qué manera se puede fortalecer el aprendizaje del enlace químico para estudiantes de segundo año de bachillerato técnico y BGU?

Objetivos

Objetivo general

Analizar cómo influye el uso de los simuladores virtuales bajo el modelo didáctico MAPIC en el aprendizaje del enlace químico en estudiantes de segundo año de bachillerato.

Objetivos específicos

1. Fundamentar teóricamente el uso de simuladores virtuales para solventar las dificultades en el proceso de aprendizaje del enlace químico.
2. Diagnosticar las dificultades que presentan los estudiantes de segundo año de bachillerato en el aprendizaje del enlace químico.
3. Diseñar las fases de intervención del modelo MAPIC con simuladores virtuales en el aprendizaje del enlace químico.
4. Aplicar los simuladores virtuales bajo el modelo MAPIC para el aprendizaje del enlace químico en estudiantes de segundo año de bachillerato.
5. Evaluar los resultados obtenidos, a partir de la intervención del uso de simuladores virtuales bajo el modelo MAPIC para el aprendizaje del enlace químico.

Justificación

Actualmente, el mundo se encuentra inmerso en los avances tecnológicos presentes en el diario vivir, donde la integración de herramientas digitales se ha convertido en elementos esenciales en diferentes ámbitos de la vida. Áreas como la industria, la salud, la comunicación, y sobre todo en la educación, han mostrado cambios significativos, observando como la adopción de la tecnología ha logrado modificar ciertos procesos o métodos en cada una de estas áreas.

Al centrarse específicamente en el ámbito educativo, la integración de herramientas tecnológicas se ha consolidado como un elemento clave para la transformación de los procesos

de enseñanza-aprendizaje. En el área de la química, su incorporación permite promover una participación más activa del estudiantado, facilitar la comprensión de contenidos abstractos y adaptar las estrategias pedagógicas a las necesidades del contexto educativo (Guzmán y Arana, 2025). Esta contribución es fundamental dentro del contexto actual, ya que los docentes se enfrentan a diversos retos que involucran promover una mayor participación en los distintos procesos de aprendizaje del estudiantado.

Por ello, la presente investigación se enmarca en la línea de innovación y mejora del aprendizaje de las ciencias, centrada específicamente en la educación media superior. Su pertinencia con el programa de formación docente radica en la necesidad de aplicar estrategias innovadoras bajo un modelo didáctico que responda a las dificultades identificadas en el aprendizaje de la química. Particularmente en la comprensión del enlace químico, un contenido complejo del currículo de segundo de bachillerato, donde se espera que el estudiantado fortalezca las destrezas y habilidades necesarias para su formación académica.

Con este enfoque, resulta adecuado explorar estrategias didácticas como el uso de simuladores virtuales. Ya que, se han convertido en un recurso con evidencia de ser útil para la enseñanza de diferentes áreas de las ciencias experimentales, contribuyendo al desarrollo de habilidades y destrezas mediante la práctica y la experimentación (Revelo et al., 2023). Así mismo, Sagñay (2022), manifiesta que los recursos como los simuladores, presentan entornos de uso amigable, accesible y orientado para que el estudiantado pueda aprender temas abstractos, ratificando que el uso de los simuladores puede ser un apoyo como un complemento dentro de una clase.

Los simuladores resultan ser eficientes como estrategia en el proceso de enseñanza gracias a su potencial para simular situaciones que vinculan teoría y práctica de forma experiencial. En particular, el uso de los simuladores PhET favorece el aprendizaje al promover ambientes interactivos que contribuyen a las explicaciones por medio de demostraciones virtuales (Carrión et al., 2020). De la misma forma, el uso de los simuladores de la plataforma Educaplus y Fisquimat contribuyen a la representación de fenómenos de la química, mediante actividades interactivas y organizadas por contenidos. Ofreciendo materiales específicos del contenido que aborda el tema del enlace químico y otros del currículo de bachillerato.

Al aplicar estos simuladores en el aula, se espera promover un aprendizaje activo y experiencial que fortalezca las habilidades de observación y clasificación de los estudiantes, facilitando la comprensión del contenido del enlace químico desde una perspectiva más concreta, activa y contextualizada. De esta manera, se contribuye al aprendizaje teórico-práctico sobre los modelos pedagógicos dinámicos en el aprendizaje de la química. Tal como menciona Pacheco et al. (2021) las simulaciones son herramientas que permiten la representación de contenidos complejos de la química, logrando proyectar situaciones que algunas veces en el mundo cotidiano resultan inapreciables.

Por otro lado, tras la revisión de diversos modelos didácticos pedagógicos, se determinó que el modelo didáctico MAPIC ofrece un enfoque metodológico adecuado, en el cual se considera factible incorporar el uso de tecnologías digitales como los simuladores virtuales. Ya que, integra actividades contextualizadas, momentos experimentales y actividades colaborativas orientadas al aprendizaje activo. Burbano y Torres (2021), expresan que el modelo MAPIC

ofrece un entorno educativo en el que el estudiante se convierte en protagonista de su propio aprendizaje, retomando el interés y motivación por la asignatura.

Así también, la propuesta resulta factible debido a que la institución educativa cuenta con un aula de cómputo con acceso a internet, lo que permite la implementación de simuladores virtuales en el proceso de enseñanza. Aunque el número de equipos es limitado, es posible organizar el trabajo en grupos, optimizando los recursos disponibles. La planificación previa y la coordinación institucional ha garantizado el acceso al laboratorio de informática durante las sesiones de intervención, lo que ha permitido desarrollar la propuesta sin requerir infraestructura adicional.

Finalmente, esta investigación aporta tanto a nivel práctico como teórico. En el ámbito educativo, ofrece una alternativa metodológica que puede ser aplicada por docentes para mejorar la enseñanza del enlace químico. A nivel teórico, contribuye al campo de la didáctica de las ciencias mediante la sistematización del uso de simuladores integrados al modelo MAPIC. Además, desde una perspectiva social, la propuesta promueve el acceso a una educación de calidad, favoreciendo la inclusión y la equidad en contextos educativos con recursos limitados, así como lo estipulan los artículos 27 y 28 de la constitución del Ecuador.

Capítulo 1: Marco teórico

Antecedentes de la investigación

La presente investigación se fundamenta en antecedentes que abordan el aprendizaje del enlace químico a través del uso de simuladores virtuales y la aplicación del modelo didáctico MAPIC. Se realizó una búsqueda profunda de artículos recientes, cada uno de los estudios revisados proporcionan fundamentos conceptuales, metodológicos y didácticos relacionados con estas temáticas.

Para la investigación se consultaron diferentes fuentes bibliográficas registradas en bases de datos académicas como Google Scholar, Scielo, Redalyc, Dialnet, entre otras; empleando el recurso de filtrado por año para concentrar la mayor parte de la información en un periodo de tiempo no mayor a los últimos 5 años y seleccionando estudios tanto teóricos como empíricos siendo relevantes al problema de investigación. La búsqueda permitió establecer bases sólidas que respalden el diseño de la propuesta planteada y evidencie la pertinencia de su aplicación en los procesos de enseñanzas-aprendizaje en los contextos educativos actuales.

En el trabajo de investigación de Marcano y Cedeño (2020), titulada *"Uso de las TIC en los procesos de enseñanza y aprendizaje del contenido Enlace Químico y sus Propiedades, centrado en habilidades cognitivas en estudiantes de educación media chilena"*. El estudio se centra en evaluar la efectividad del uso de herramientas tecnológicas en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Los autores declaran que la aplicación de recursos innovadores por medio de las TIC en la enseñanza de las ciencias, contribuye al desarrollo de habilidades científicas, evidenciando una mejora en el rendimiento académico, a través de los instrumentos de evaluación aplicados en la investigación.

Demostrando que la aplicación de recursos digitales, fortalece la comprensión conceptual y la participación activa del estudiantado, lo que resulta relevante para la investigación, que se centran en fortalecer el aprendizaje del enlace químico y desarrollar habilidades de observación y clasificación. Así también, el estudio se realizó bajo un enfoque cuantitativo, lo que permitió medir la efectividad del uso de recursos digitales. Los autores adoptaron un diseño cuasi-experimental, desarrollando evaluaciones antes y después de la intervención. Este estudio resulta

importante para la presente investigación, ya que aporta información empírica sobre la eficacia del uso de herramientas tecnológicas en la enseñanza del enlace químico.

Este estudio contribuye a la presente investigación al orientar sobre cómo estructurar una propuesta que incorpore herramientas digitales, tal como se plantea en la intervención desarrollada en la investigación, con el uso de simuladores virtuales. Sustentando que la utilización de recursos tecnológicos puede jugar un papel importante para la comprensión de contenidos y fomentar un aprendizaje mucho más interactivo entre los docentes y los estudiantes.

Corroborando la pertinencia del empleo de las TIC en los procesos educativos, se analiza la investigación de Serna (2020), de la Universidad Nacional de Colombia. El estudio evidencia que durante la enseñanza de la asignatura de química específicamente en el tema del enlace químico, existen varios factores que dificultan el proceso de aprendizaje en los estudiantes. Además, se menciona que, la metodología implementada por parte del docente y las herramientas empleadas en el transcurso de las clases, trae como consecuencia que el estudiantado pierda el interés y la motivación por la asignatura.

Este estudio es fundamental para la investigación, ya que aporta información empírica y metodológica que se relaciona directamente con el estudio en el ámbito educativo actual, vinculado con la asignatura y tema a investigar. Así también, evidencia cómo el uso de las herramientas TIC logran despertar el interés y mejora la comprensión del concepto del enlace químico. Serna (2020), plantea una secuencia didáctica con el uso de herramientas TIC como estrategia, que responde a las dificultades que presentan los estudiantes en la asignatura.

En relación con la presente investigación, Góngora y Santana (2021), en su estudio titulado *Fortalecimiento teórico-práctico de la enseñanza de la Química mediante la aplicación*

de simuladores virtuales a estudiantes de segundo año de bachillerato, reportan dificultades para implementar prácticas experimentales debido a limitaciones logísticas y de recursos. Como alternativa, los autores proponen la incorporación de simuladores virtuales y señalan que su uso favorece la comprensión conceptual y la relación entre teoría y práctica.

Este antecedente aporta evidencia empírica sobre los beneficios del uso de tecnologías educativas en la enseñanza de la química, respaldando la pertinencia de aplicar simuladores virtuales como una herramienta didáctica en contextos educativos con condiciones limitadas. Así mismo, presenta evidencia sobre la falta de incorporación de TIC en las prácticas de laboratorio y docentes que continúan enseñando con metodologías tradicionales. Lo que resulta favorable para la intervención de la presente investigación, reforzando la pertinencia del uso de simuladores virtuales para la mejora del proceso de aprendizaje del enlace químico.

Otro antecedente es el estudio de Cañar y León (2024), en el cual, se emplea el uso de simuladores PhET como recursos digitales para apoyar la enseñanza tanto teórica como práctica, facilitando la comprensión de contenidos químicos. El estudio se desarrolló con un enfoque mixto, incorporando información cuantitativa mediante pretest y postest, así como insumos cualitativos obtenidos a través de registros y encuestas. En conjunto, los resultados reportados muestran mejoras en el desempeño del estudiantado en el tema abordado, lo que respalda la pertinencia de integrar simuladores virtuales como apoyo metodológico en el aprendizaje de la química.

Finalmente, una de las investigaciones que también aporta significativamente al trabajo, es el estudio realizado por Basantes y Quishpi (2023), titulado *"Aplicación del simulador Educaplus para el aprendizaje de Química a los estudiantes de primero BGU"*. Estudio que

plantea una propuesta sobre una guía didáctica para contribuir al proceso de aprendizaje de la química a través del simulador Educaplus. Evidenciando que el simulador es efectivo en la construcción de conocimientos en la química, a su vez, apoya la importancia de usar estrategias didácticas, adaptadas al contexto y con apoyo tecnológico.

Esta investigación de tipo descriptivo, brinda información metodológica y práctica mediante la aplicación del simulador Educaplus como estrategia didáctica para contribuir a la enseñanza de los temas “Los átomos y la tabla periódica” y “El enlace químico”. Los resultados obtenidos evidencian la construcción de conocimiento en contacto con los simuladores. Así también, las evaluaciones realizadas antes y después de la intervención presentan mejoras relevantes en el rendimiento académico, reflejadas en las notas obtenidas por cada uno de los estudiantes. Validando la incorporación del simulador educaplus como un recurso didáctico en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

A continuación, en la tabla 1 se presentan los antecedentes abordados de manera sintética, incluyendo autor, año, método, resultados y aportes al estudio presente. Esta tabla permite conocer las coincidencias en la literatura, permitiendo un análisis para proponer una intervención adecuada al espacio educativo de la población estudiada.

Tabla 1

Síntesis de los antecedentes seleccionados para el diseño de la intervención.

Autor y Año	Ámbito	Método	Resultados	Aporte al estudio
Marcano y Cedeño (2020)	Internacional	Enfoque cuantitativo, diseño cuasi-experimental (pretest y postest)	Mejora significativa en el rendimiento académico y desarrollo de habilidades cognitivas mediante el uso de TIC.	Evidencia empírica sobre la efectividad de herramientas digitales en el aprendizaje del enlace químico; orienta la estructuración de propuestas con simuladores.
Serna (2020)	Internacional	Enfoque mixto con diseño de secuencia didáctica apoyada en TIC.	Incremento en el interés, motivación y comprensión del enlace químico.	Fundamenta el uso de TIC y simuladores (como es el simulador PhET) como estrategia para superar dificultades de aprendizaje.
Góngora y Santana (2021)	Nacional	Enfoque mixto, aplicado con implementación de simuladores virtuales.	Mejora en la comprensión conceptual y relación teoría-práctica ante limitaciones experimentales.	Justifica el uso de simuladores como alternativa a prácticas de laboratorio tradicionales en contextos con recursos limitados.
Basantes y Quishpi (2023)	Nacional	Enfoque cualitativo con un nivel de profundidad descriptivo y exploratorio basado en el	Mejora en el rendimiento académico y construcción de conocimientos en química.	Valida el uso de simuladores como estrategia didáctica y aporta una guía aplicable para la enseñanza del enlace químico.

		simulador Educaplus.		
Cañar y León (2024)	Nacional	Enfoque mixto (cuantitativo: pretest-postest; cualitativo: encuestas y registros)	Mejora en el desempeño académico en el aprendizaje de la molaridad.	Refuerza la pertinencia del uso de simuladores PhET como apoyo metodológico en la enseñanza de la química.

Nota: Esta tabla evidencia la síntesis de los antecedentes seleccionados.

El análisis comparativo de los antecedentes presentados evidencia una convergencia en cuanto a la efectividad del uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la enseñanza de la química. Por un lado, investigaciones como las de Serna (2020); Góngora y Santana (2021); y Cañar y León (2024), están realizadas bajo un enfoque mixto, destacando la presencia de datos que responden a una evaluación numérica y comportamientos en el aprendizaje. Por otro lado, Basantes y Quishpi (2023) le da mayor valor al enfoque cualitativo, mientras que Marcano y Cedeño (2020) se enfocan en un estudio cuantitativo. En conjunto, aunque los estudios difieren en sus enfoques metodológicos, todos coinciden en validar la pertinencia del uso de simuladores y herramientas digitales como estrategias didácticas efectivas.

Así también, en la mayoría de los casos revisados se implementa el uso de pretest y postest como una herramienta útil para evaluar los resultados, aportando fundamentos que sustentan la propuesta de la presente investigación. A partir de los antecedentes revisados, se puede concluir que el uso de simuladores virtuales emerge como alternativa válida para fortalecer el aprendizaje de conceptos abstractos en la química. Tanto en contextos nacionales

como internacionales, se ha demostrado que estas herramientas permiten acercar contenidos de forma visual e interactiva, en la rama de las ciencias experimentales.

Bases teóricas o conceptuales

El aprendizaje del enlace químico en el segundo año de Bachillerato requiere de herramientas pedagógicas que contribuyan a la comprensión de los contenidos. Por lo que, la presente investigación se enfoca en el uso de simuladores virtuales bajo la aplicación del modelo didáctico MAPIC para fortalecer el aprendizaje de los enlaces químicos. Para sostener dicha investigación se busca establecer unas bases teóricas que proporcionen fundamentos conceptuales, pedagógicos y metodológicos que sustentan la investigación.

Aprendizaje de la química

El aprendizaje permite que las personas adquieran nuevas experiencias, logrando de esta forma un cambio interno que propicie el desarrollo de un nuevo conocimiento (García et al. 2024). En relación al aprendizaje de la química se pueden distinguir tres tipos de representaciones: la macroscópica, la microscópica y la simbólica. Sin embargo, para los estudiantes resulta complicado poder asociar los tipos de representaciones, por lo que es necesario utilizar diversas representaciones didácticas que faciliten su aprendizaje (Williams y González, 2020). En este sentido, Intriago et al. (2025) afirman que los docentes son quienes propician las experiencias de aprendizaje y desarrollan el pensamiento crítico logrando que el aprendizaje vaya mucho más allá que la memorización.

En base a lo expuesto por Intriago et al. (2025) se manifiesta que el aprendizaje de la química no solo se basa en comprender las reacciones de mezclas que ocurre con ciertas sustancias, sino va más allá, es lograr que los estudiantes adquieran la capacidad de razonar de manera coherente y fundamentada. Utilizando diversos materiales, trasladando el conocimiento

teórico al espacio práctico, todo en acompañamiento de un docente que guía la adquisición ordenada y secuencial de contenidos.

Aprendizaje del enlace químico

El aprendizaje del enlace químico representa uno de los temas base en el estudio de la química, debido a que proporciona una base teórica fundamental para sustentar contenidos complejos (Williams y González, 2020). Hunter et al. (2022) destacan que el enlace químico es un contenido imprescindible dentro del currículo de la química, ya que su enseñanza se aborda desde la educación secundaria hasta la educación superior. Además, el aprendizaje de la química resulta ser secuencial, lo que conlleva a dominar este contenido para reforzar la comprensión de la química en el bachillerato.

De igual manera, Flores et al. (2023) ratifican que, aunque el contenido del enlace químico puede resultar abstracto, es de suma importancia para el aprendizaje de otros contenidos que expone la química. Por ello, es fundamental que los estudiantes no solo se familiaricen con las reglas, sino que también conozcan los temas previos relacionados con los enlaces, como, la electronegatividad, la polaridad, propiedades en la tabla periódica, entre otros. Bonet (2024) manifiesta que, el aprendizaje del enlace químico es algo que no se puede comprender de forma aislada, ya que presenta ciertas dificultades de aprendizaje cognitivo. Por lo que, es importante hacer uso de diversos métodos explicativos que contribuyan a una mejor comprensión.

De forma integral, el aprendizaje conceptual esperado implica que el estudiante utilice la electronegatividad y su tendencia periódica como base para analizar pares de átomos, anticipando la distribución electrónica resultante y conjuntamente la clasificación del tipo de enlace (covalente no polar, covalente polar, iónico y metálico) con criterios explícitos y

coherentes. Por consiguiente, lo que se desea es desarrollar las destrezas de clasificación y observación en el tema de enlace químico por parte del estudiantado.

Aprendizaje visual

Los estímulos sensoriales son aquellos que enriquecen las vivencias que una persona puede tener en un determinado contexto. En consecuencia, Giler (2023) menciona que, el ámbito visual es un estímulo fundamental dentro del contexto educativo, incluso es considerado como uno de los estilos de aprendizaje básicos. De la misma manera, el autor menciona que el aprendizaje visual potencia la interpretación sensorial de los estudiantes, mediante el uso de estrategias de aprendizaje centradas en los procesos de asimilación, expresión y reflexión del conocimiento.

Simuladores Virtuales

Según Trujillo et al. (2023), los simuladores virtuales permiten a los estudiantes explorar fenómenos científicos mediante la manipulación de elementos visuales y la observación de resultados dentro de un entorno. Permitiendo recrear una realidad que no sea posible ya sea por imposibilidad, riesgos u oportunidad de acceso. Este tipo de experiencias, no solo hacen que los contenidos sean más accesibles, sino que también despiertan la curiosidad del estudiante y fortalece su participación activa en el aprendizaje. Además, los simuladores virtuales al ofrecer una representación visual y gráfica de procesos complejos facilitan la comprensión y favorece la retención del conocimiento.

En el área de las ciencias, permiten observar el comportamiento de partículas, reacciones químicas, trayectorias de objetos, circuitos eléctricos, entre otros. De este modo, los simuladores fortalecen el proceso de enseñanza-aprendizaje al brindar una experiencia cercana a la realidad, incluso para aquellos que es difícil de llegar a ver, como es el caso del contenido del enlace

químico. En síntesis, los simuladores virtuales no reemplazan la enseñanza tradicional, sino que la complementan con una propuesta más interactiva, flexible y adaptada a las necesidades actuales del estudiantado, contribuyendo a un aprendizaje en contacto con herramientas digitales.

Tipos de simuladores

Durante la intervención se emplearon simuladores virtuales como recursos didácticos para contribuir a la comprensión del enlace químico. Los simuladores se seleccionaron por su pertinencia con el contenido, su interactividad y su accesibilidad para el trabajo en aula. En términos funcionales, los recursos utilizados pueden describirse como simuladores interactivos de exploración.

Simulador PhET

Los simuladores PhET ofrecen una propuesta que se centra en la interacción directa con modelos dinámicos, en el que el estudiante puede variar los parámetros y registrar las variaciones que se producen de forma inmediata en la representación. Este tipo de simulación es propicia para una exploración guiada en la que el estudiante contrasta resultados, localiza tendencias y crea vínculos entre variables asociadas al comportamiento de los enlaces químicos. Se considera en su uso promueve la observación sistemática, el registro de evidencias y la fundamentación de clasificaciones sustentadas en lo que se observó en el entorno virtual.

Simulador Educaplus

El simulador Educaplus como recursos de práctica conceptual estructurada, útiles para consolidar criterios de clasificación del enlace químico y reforzar procedimientos de identificación a partir de la información proporcionada en la actividad. En este caso, el valor didáctico residió precisamente en trabajar con tareas breves y focalizadas, que permitían llevar a la práctica las reglas de clasificación y la comparación de casos, además de permitir la

verificación inmediata de las respuestas, lo que contribuye a reducir errores de interpretación frecuentes relacionados con la interpretación de los tipos de enlace.

Simulador FisQuiMat

FisQuiMat como repositorio de apoyo para acceder y organizar recursos digitales vinculados a los contenidos. Su función dentro de la intervención fue facilitar la disponibilidad de materiales y ofrecer rutas alternativas de consulta y práctica, según las condiciones del aula y el ritmo de trabajo del grupo. En conjunto, el uso articulado de PhET, Educaplus y FisQuiMat permite combinar exploración interactiva con práctica guiada y acceso ordenado a recursos, sosteniendo una progresión metodológica que va desde la observación hasta la clasificación fundamentada del tipo de enlace.

Modelo MAPIC como marco para la experimentación en química

El modelo MAPIC se enfoca en el desarrollo de competencias integrales y aplicación de metodologías activas dentro del entorno educativo. Este modelo fue propuesto por Torres (2018) quien lo estructura en cinco ejes fundamentales: motivación, apropiación, praxis, interpretación y cuestionamiento. El modelo busca fomentar que el estudiante no tenga un aprendizaje memorístico, el cual únicamente recibe y guarda información, donde el docente es generador del conocimiento, sino por el contrario, el estudiante sea capaz de construir su propio conocimiento, recobrando el interés y motivación por el aprendizaje de las diferentes áreas.

Se considera imprescindible aplicar el modelo MAPIC, el cual maneja una metodología activa y flexible, ya que integra diferentes estrategias didácticas en cada uno de los contenidos procedimentales como el “saber hacer”, es decir, los métodos, técnicas o procedimientos que los estudiantes deben aprender a aplicar. También, cognitivos que se relacionan con los saberes conceptuales, donde los conocimientos teóricos que el estudiante recibe deben ser comprendidos.

Además, los contenidos actitudinales hacen énfasis a los valores, actitudes, normas y comportamientos que se promueven durante el aprendizaje, lo que resultaría influyente para el aprendizaje del estudiantado.

Así mismo, el modelo didáctico MAPIC muestra una visión sistémica del proceso de formación educativa, involucra tanto el conocimiento conceptual como las habilidades prácticas y cuestionamiento personal. Lo que fortalece las competencias en una asignatura como la química, donde se encuentran conceptos abstractos. Ratificando que este modelo propicia un contexto dinámico, reflexivo y contextualizado, logrando que el estudiante asuma un rol activo, crítico y participativo. De la misma manera, favorece la inclusión educativa, permitiendo que cada estudiante avance en su estilo de aprendizaje, buscando la eficacia del proceso educativo.

Bases legales

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO)

La investigación se respalda a nivel internacional en los lineamientos de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), entidad que propone fomentar el uso de la innovación digital para extender las oportunidades educativas y mejorar tanto la calidad como la pertinencia del aprendizaje. Además, la UNESCO promueve el fortalecimiento de los sistemas de gestión educativa, enfocando su atención en profesores y estudiantes con necesidad en el desarrollo de habilidades digitales. En este contexto, la investigación resulta pertinente, ya que el emplear el uso de simuladores virtuales bajo el modelo didáctico MAPIC, se alinean con las perspectivas de la UNESCO respecto a la incorporación de la tecnología como un recurso orientado a alcanzar el objetivo de desarrollo sostenible y actualizado.

Constitución de la República del Ecuador del 2008

Asimismo, la investigación se respalda en el marco legal ecuatoriano, que promueve una educación de calidad, inclusiva y adaptada a las necesidades del presente. Se toma en consideración la Constitución de la República del Ecuador del 2008, quien establece en el artículo 26 que todas las personas tienen derecho a la educación, siendo el deber del estado proporcionar una educación de calidad y que la sociedad participe en el proceso educativo con responsabilidad.

También, dando énfasis en los artículos 27 y 28, en los cuales se menciona que la educación será parte central del ser humano, respaldando su desarrollo integral al ser participativa, inclusiva y diversa. Impulsando la iniciativa individual de los estudiantes, el pensamiento crítico y la capacidad para crear y trabajar en equipo, fomentando de esta manera una educación que estimule el desarrollo de habilidades durante su proceso de aprendizaje. De este modo, se respalda la implementación de metodologías didácticas como el uso de simuladores virtuales a través del modelo didáctico MAPIC, el cual aborda un aprendizaje experiencial para los educandos.

Ley Orgánica de Educación Intercultural (LOEI)

Por otra parte, la Ley Orgánica de Educación Intercultural (LOEI), en el artículo 2, donde se declaran los principios generales que orientan las acciones en el contexto educativo, en el inciso h se establece el interaprendizaje y multiaprendizaje como instrumentos que potencian el desarrollo de las capacidades humanas. Estos principios identifican que los estudiantes tienen un mejor desarrollo de destrezas cuando aprenden conjuntamente, haciendo uso de la tecnología y teniendo acceso a la información. En este sentido, el modelo MAPIC junto con los simuladores

virtuales se ajustan precisamente a la necesidad de generar un aprendizaje colaborativo, compartiendo conocimientos con un propósito específico y en diversos contextos.

De la misma forma, en el artículo 19 se declara que la educación debe garantizar calidad, igualdad de oportunidades y cumplimiento de principios pedagógicos. Esto significa que el Estado tiene el deber de planificar y mejorar el sistema educativo considerando las situaciones y necesidades de los estudiantes. Teniendo en cuenta este enfoque, la aplicación de simuladores virtuales en el aprendizaje de los estudiantes resulta una estrategia educativa pertinente y efectiva en cuanto a temas que resultan complejos impartir mediante una clase magistral. De esta manera, se fomenta un aprendizaje activo, donde los estudiantes exploran, comprenden y construyen sus propios conocimientos a través de entornos virtuales que respaldan la educación tradicional.

Ley orgánica de protección de datos personales

La ley orgánica de protección de datos personales quien realizó su registro oficial en mayo del 2021 garantiza el derecho fundamental a la protección y uso adecuado de los datos personales ya sea con una o varias finalidades. Conforme a la normativa, en la presente investigación, los datos que los estudiantes proporcionen a los investigadores solo se utilizarán exclusivamente con fines académicos y se respetarán en su totalidad los principios de confidencialidad. De esta manera, se asegura que no se revelará ninguna información personal fuera del contexto educativo.

Así también, según lo establecido en los artículos 7 y 9 sobre el consentimiento informado, los representantes legales o tutores de los estudiantes son los responsables de otorgar el permiso por escrito para que sus representados puedan participar en la investigación. Los investigadores, al estar plenamente conscientes de las disposiciones legales en relación con la

protección de datos, se comprometen a proteger la seguridad, integridad y anonimato de la información que se haya podido recopilar, garantizando el uso ético y responsable del mismo durante el tiempo que dure la investigación.

Conclusiones del marco teórico

El marco teórico converge en que las dificultades para observar y clasificar tipos del enlace químico se originan en la brecha entre las representaciones y en prácticas instruccionales centradas en la memorización. Para abordar esta problemática, la literatura respalda el uso de modelos didácticos secuenciales y recursos interactivos que hagan visible lo abstracto y guíen al estudiante a construir ideas que pueda utilizar a lo largo de su educación dentro del área de la química.

En este sentido, los simuladores se presentan como mediadores cognitivos al permitir manipular variables y recoger evidencias que sostienen la explicación a la que lleguen los estudiantes posteriores a trabajar en los mismos. Así también, al emplear el modelo didáctico MAPIC proporciona una ruta estructurada para: activar al estudiante, construir referentes conceptuales y representacionales. Y a su vez, actuar sobre modelos con tareas guiadas y criterios explícitos, para acatar las dimensiones del tema, explicar con evidencias conectando datos del simulador con ideas propias de cada uno y someter a prueba las propias explicaciones, detectando y corrigiendo errores.

En el marco de esta investigación, el aprendizaje del enlace químico se comprende como la adquisición de un conjunto articulado de conceptos que permiten al estudiante explicar, interpretar y clasificar la forma en que los átomos se unen. En términos conceptuales, se espera que el estudiantado construya nociones base que funcionen como criterios de análisis: la

electronegatividad como propiedad que orienta la distribución de electrones en un enlace y la relación entre diferencias de electronegatividad, polaridad y tipo de enlace (covalente no polar, covalente polar, iónico y metálico). Este dominio conceptual es condición para que el estudiante pueda sostener explicaciones coherentes y tomar decisiones de clasificación fundamentadas.

Capítulo 2: Marco metodológico

Paradigma de la investigación

Se ha determinado una investigación desde un punto de vista socio-crítico, donde Maldonado (2018) expresa que, dicho paradigma concibe la investigación como un proceso participativo y transformador, en el que la teoría y la práctica se conforman para responder a las necesidades dentro de una comunidad. Es una perspectiva que nace como una alternativa para la crítica social y la autorreflexión, fomentando que los participantes se conviertan en protagonistas activos del cambio. Este paradigma busca comprender la realidad y enfocarse en transformarla, promoviendo la construcción de conocimientos desde el diálogo, la experiencia y el compromiso con la mejora en contextos educativos.

Es oportuno señalar que este tipo de enfoque es adecuado para la situación problemática a solucionar en la presente investigación, al estar los investigadores dentro del grupo de investigación interactuando con los elementos y participantes de la institución a los cuales se les propone un cambio, al estar invitando a los estudiantes a pensar sobre sus propias prácticas, e identificar sus limitantes y a diseñar acciones para transformar esas realidades. Por lo que, resulta propicio en ambientes educativos, ya que docentes y estudiantes pueden trabajar conjuntamente para mejorar las condiciones del aprendizaje y fortalecer las capacidades de los estudiantes para que logren ser protagonistas de su propio desarrollo.

Esta intervención se desarrolla en el contexto real, tomando a la totalidad de una población para el estudio y considerando a los estudiantes como participantes del proceso, promoviendo que identifiquen sus dificultades, contrasten sus avances y sugieran mejoras en la forma de recibir el contenido, mientras que el seguimiento mediante la observación y la comparación de resultados antes y después de la intervención permiten sustentar el cambio logrado como efecto de una acción educativa.

Con lo mencionado anteriormente, el estudio se sustenta en el paradigma sociocrítico, el cual concibe la investigación como un proceso orientado no solo a la comprensión de la realidad educativa, sino también a su transformación. En este sentido, la problemática identificada en el aprendizaje del enlace químico no se aborda únicamente desde una perspectiva descriptiva, sino que se busca intervenir en el proceso de enseñanza-aprendizaje mediante la implementación del modelo didáctico MAPIC con simuladores.

Este enfoque se articula con la propuesta, ya que promueve la participación activa de los estudiantes, el trabajo colaborativo y la reflexión crítica sobre su propio aprendizaje, elementos coherentes con las bases que sustentan el modelo. De esta manera, la investigación no sólo genera conocimiento, sino que contribuye a la mejora de la práctica educativa en el contexto estudiado, utilizando los recursos a disposición.

Enfoque de la investigación

Esta investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, Hernández y Mendoza (2023) explican que este enfoque permite combinar datos cuantitativos y cualitativos a partir de una lógica que se articula con el objeto de estudio, lo que permite analizar y contrastar resultados. En

este sentido, la comparación fue hacía las diferencias que se observan antes y después de la implementación de una propuesta a partir de la integración de evidencias de distinta índole.

En consonancia con lo anterior, se da a conocer que el enfoque mixto es un camino sistemático para hacerle frente a la problemática investigada y llegar a las conclusiones del estudio, por lo que la información cuantitativa derivada de instrumentos susceptibles de tratamiento estadístico, se complementa con información cualitativa obtenida por medio de preguntas a la población participante o a partir de la observación de los autores. Todo esto ha permitido contrastar aquellos resultados que se obtuvieron a partir del proceso de investigación exploratorio, aportando así elementos convergentes para la interpretación del fenómeno.

Tipo de investigación

La investigación forma parte del diseño preexperimental, que se caracteriza por la aplicación de una intervención educativa sobre un grupo preexistente, sin asignación aleatoria de los participantes y determinado por la ausencia de un grupo control. De acuerdo con Ramos (2021), el diseño preexperimental implica trabajar con grupos ya conformados, en los que no es posible asignar aleatoriamente a los participantes. En estos casos, se busca comparar los resultados de un grupo previo a una intervención con sus resultados después de esta, o en su defecto. Esta modalidad se ajusta a los objetivos del estudio, ya que permite valorar la contribución de la propuesta educativa con criterios fundamentados y en base a comparativa de resultados.

En síntesis, el diseño pre-experimental representa una opción válida, pero con rigurosidad limitada para estudiar los efectos de propuestas educativas, permitiendo realizar un seguimiento de los avances mediante pruebas diagnósticas (pretest y postest). En este caso, la aplicación de

simuladores virtuales bajo el modelo didáctico MAPIC, en estudiantes de segundo de bachillerato dentro de una misma unidad educativa aporta evidencia empírica sobre su aplicabilidad y eficacia, lo cual justifica su elección como diseño de investigación para el presente estudio.

Población

De acuerdo con Arias et al. (2016), la población se define como un conjunto finito o infinito de elementos que comparten características determinadas y que son objeto de estudio en una investigación. Por lo que, la población objeto de estudio de la investigación, se encuentra conformada por 93 estudiantes del Segundo Año de Bachillerato, los cuales cursan la asignatura de Química. Esta población consta de: un curso de Comercio Exterior con 33 estudiantes, BGU con 38 y otro de Contabilidad con 22. Del mismo modo, se puede definir una muestra como un subconjunto representativo para realizar inferencias sin incluir a la totalidad de individuos. Sin embargo, en el presente estudio no se efectuó un proceso de selección muestral, debido a que se trabajó con la totalidad de la población accesible.

Por otro lado, Hernández y Mendoza (2018) señalan que en las investigaciones preexperimentales es frecuente trabajar con grupos intactos, es decir, grupos previamente conformados antes del inicio del estudio. Esta condición se cumple en la presente investigación, ya que la intervención se implementó en los tres paralelos existentes de segundo de bachillerato, sin asignación aleatoria, respetando la organización institucional. Esta decisión metodológica permitió aplicar la propuesta didáctica basada en simuladores virtuales y analizar sus efectos mediante la comparación de los resultados del pretest, postest y opiniones de los estudiantes en relación con el aprendizaje del enlace químico.

Operacionalización del objeto de estudio o categorías de análisis

Operacionalización de variable dependiente

Tabla 2

Operacionalización de variable dependiente

Variable Dependiente	Dimensiones	Indicadores	Técnicas	Instrumentos
Aprendizaje del enlace químico.	Electronegatividad	Define el concepto de electronegatividad. Identifica la tendencia de electronegatividad en la tabla periódica.	Observación Pretest y Postest	Diario de campo Cuestionario pretest y postest
	Enlace covalente no polar	Conceptualiza que es un enlace covalente no polar. Reconoce la formación de enlace covalente no polar.		
	Enlace covalente polar	Reconoce diferencias de electronegatividad que generan polaridad. Explica la existencia de moléculas con momentos dipolares.		
	Enlace iónico	Conceptualiza la transferencia de electrones. Asocia el enlace iónico a compuestos con alta diferencia de electronegatividad.		
	Enlace metálico	Describe el mar de electrones. Relaciona enlace metálico con propiedades físicas de los metales.		

Nota: En la tabla se presenta la operacionalización por dimensiones e indicador de la variable dependiente.

Definición de variable

El proceso de aprendizaje del enlace químico requiere un proceso cognitivo en el que los estudiantes desarrollan estrategias para reconocer, interpretar y explicar cómo los átomos se interactúan entre sí para crear compuestos químicos estables por medio de transferencia o compartición de electrones (Ministerio de Educación del Ecuador, 2016; Eyzaguirre, 2021). Este proceso de aprendizaje requiere reconocer el enlace iónico, que consiste en la transferencia de electrones, que presentan propiedades específicas, como la solubilidad o la conductividad eléctrica de los compuestos (Flores et al., 2023; Viloria et al., 2021). A su vez, debe presentarse el estudio del enlace covalente, que permite reconocer que los átomos comparten electrones buscando una estabilidad energética, dando lugar a moléculas discretas con diferentes propiedades físicas y químicas (Chaves, 2022).

Asimismo, el aprendizaje involucra la unión metálica, que está caracterizada por la existencia de una nube electrónica deslocalizada que da respuesta a características para los metales tales como la conductividad térmica, eléctrica, y su maleabilidad (Ministerio de Educación del Ecuador, 2016). Este proceso de enseñanza y aprendizaje implica consideraciones didácticas que muestran qué es el enlace químico a través de representaciones simbólicas como son las estructuras de Lewis, la regla del octeto y teorías sobre la geometría molecular e hibridación. Finalmente, el aprendizaje efectivo de estos conceptos puede inferirse en función de la capacidad del estudiante para poner en relación las propiedades estructurales y electrónicas de los elementos y cómo estas se presentan en diversos espacios científicos y cotidianos (Ministerio de Educación del Ecuador, 2016; Medina, 2023).

Operacionalización de variable independiente

Operacionalización de la variable independiente

Tabla 3

Operacionalización de la variable independiente

Variable Independiente	Dimensiones	Indicadores	Técnicas	Instrumentos
Simuladores virtuales	Interactividad	Posibilidad de modificar variables en tiempo real. Respuesta inmediata a las acciones del usuario.	Entrevista Grupos focales	Guía de la entrevista (semi-estructurada) Protocolo de los grupos focales
	Representación conceptual	Visualización clara de los tipos de enlaces químicos. Relación directa entre las representaciones y el contenido teórico.		
	Empleabilidad	Facilidad de navegación en la interfaz. Claridad en las instrucciones de uso. Acceso gratuito y multiplataforma.		
	Pertinencia pedagógica	Coherencia del contenido con el currículo de Química de bachillerato. Vinculación del simulador con los objetivos de aprendizaje propuestos en clase. Posibilidad de integración en actividades guiadas por el docente.		

Nota: En la tabla se presenta la operacionalización por dimensión de la variable independiente.

Definición de la variable

Los simuladores virtuales son entornos digitales interactivos que permiten reproducir fenómenos científicos, matemáticos o técnicos, manipulando variables, observando procesos y adoptando decisiones en condiciones controladas y seguras. Este tipo de recursos permiten mostrar gráficamente y de forma visual situaciones reales o hipotéticas que no se pueden reproducir, de un modo o de otro; al mismo tiempo contribuyen a la comprensión del concepto abstracto, la práctica activa y la exploración autónoma del conocimiento (Cox et al., 2022; Vásquez et al., 2023; Ávila, 2024).

Desde el punto de vista didáctico, los simuladores virtuales se integran en metodologías activas, como el aprendizaje exploratorio, el aprendizaje significativo y la resolución de problemas, ofreciendo experiencias de aprendizaje más activas, contextualizadas y estimulantes para el estudiante (Vazquez et al, 2025; Delgado et al, 2021; Intriago et al, 2025). Permitiendo el desarrollo de competencias científicas, como la indagación, la capacidad de razonamiento, la toma de decisiones y la interpretación de datos

En el ámbito de las ciencias naturales y exactas, estos simuladores, como por ejemplo los sistemas desarrollados a través de PhET, son recursos muy útiles para la enseñanza de la química, la física y de las matemáticas. Permitiendo visualizar fenómenos microscópicos, hacer experimentos sin riesgos y reforzar los contenidos del currículo de forma activa y colaborativa (Mullo, 2023; Barahona et al., 2022; Lemos y Mosquera, 2021).

Métodos, técnicas e instrumentos de investigación

Las técnicas e instrumentos de investigación fueron las herramientas para obtener información relevante dentro de la investigación. Dentro del proceso, se realizaron diarios de campo empleados durante la observación de las primeras clases de acompañamiento en las prácticas pre-profesionales, entrevista a la docente tutora encargada de la asignatura de química, grupos focales centrado en los estudiantes y evaluación pretest y postest a los participantes durante la intervención. De esta manera, se logró evaluar los conocimientos con un antes y un después, analizando que tan eficiente son los simuladores virtuales para el aprendizaje de los estudiantes de segundo de bachillerato.

Observación

En el marco de la investigación, se utilizaron técnicas cualitativas, como las estrategias interactivas que ayudaron a la recopilación de datos, siendo una de ellas la observación. Rekalde et al. (2014) definen dicha herramienta como una técnica que se utiliza para recopilar información que requiere la participación directa del observador en el contexto de estudio. Permitiendo obtener interpretaciones relevantes y significativas de lo que se está investigando, que resultaría complejo lograrlo sin involucrarse de manera activa. Para su aplicación, se utilizó una guía de observación estructurada de acuerdo a los objetivos descritos en la investigación, a pesar de que no se realizó una validación de expertos, la estructura fue supervisada por el tutor y los autores del estudio.

Esta herramienta se utiliza como un método necesario para la recolección de información que el investigador interpreta durante el proceso de aprendizaje de los estudiantes que cursan el segundo año de bachillerato. La observación participante permite reconocer fortalezas o debilidades presentes en el entorno donde se realiza la investigación. Esta técnica es aplicada por

los investigadores antes, durante y después de la implementación del uso de simuladores virtuales bajo el modelo MAPIC. De este modo, la información obtenida aporta datos cualitativos relevantes para el análisis de resultados.

Diario de campo

El diario de campo es un registro en el que se detallan de manera organizada las diferentes experiencias o situaciones que se presentan a lo largo de la investigación. Según, Luna et al. (2022), un diario de campo es un instrumento que se emplea en diferentes ámbitos educativos con la finalidad de hacer anotaciones que contribuyen a la recreación de contextos vivenciados durante las observaciones realizadas por los investigadores. Estos registros sirven de apoyo sobre las acciones ejecutadas, los procesos de trabajo que se realizan en el entorno de estudio y sobre todo como una guía en la toma de decisiones para la investigación.

El diario de campo no solo permite realizar apuntes detallados de lo observado en las horas de clases, sino que también ayuda a que los investigadores vayan más allá del aula, generando una experiencia valiosa con la capacidad de influir en el proceso educativo de los estudiantes. Este método es una fuente de información que garantiza la continuidad a la investigación y además facilita un registro del proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes. El diseño del diario de campo empleado en la investigación tiene un modelo estandarizado utilizado dentro de distintos estudios y observaciones realizadas por la institución. Si bien no tiene una validación específica, el diseño está adaptado a las necesidades de registro de información adecuada bajo el criterio de los investigadores (ver anexo 5).

Entrevista

La entrevista constituye un registro cualitativo que dentro del estudio aporta información relevante y detallada para el desarrollo de la investigación. De acuerdo con González et al. (2022), el uso de esta técnica permite crear espacios para poder registrar los hechos y las realidades sociales presentes no solo del entrevistado sino también del entorno en que el que se desenvuelve. Las entrevistas se pueden clasificar en diferentes tipos: estructuradas, semi-estructuradas y no estructuradas. Los investigadores deben determinar qué tipo de entrevista resulta ser apropiada para emplear en la investigación.

Es importante destacar que, en la presente investigación se plantea realizar dos entrevistas al docente tutor encargado de la asignatura, con el objetivo de analizar el impacto de la intervención planteada por los investigadores, en el proceso educativo. Por lo que, resulta pertinente utilizar entrevistas semi-estructuradas, ya que permiten formular preguntas abiertas para que el entrevistado, es decir, el docente pueda responder en total libertad. De esta manera, el entrevistador tiene la oportunidad de modificar las preguntas en relación al objeto de estudio o profundizar en ciertos temas que aportan en su totalidad a la investigación.

Grupos focales

El método de grupos focales se emplea para obtener datos cualitativos, que de la misma información recopilada sea de gran aporte a la investigación. Esta técnica es un espacio donde los individuos, es decir, los estudiantes puedan expresar sus opiniones respecto a un tema en particular. Hamui y Varela (2013) definen a los grupos focales como una forma de entrevista grupal que utiliza la comunicación entre investigador y participantes, con el propósito de obtener información.

La técnica es particularmente útil para explorar los conocimientos y experiencias de las personas en un ambiente de interacción. Siendo una información recopilada de manera colectiva, centrada en la pluralidad y variedad de las actitudes, experiencias y creencias de los participantes, y lo hace en un espacio de tiempo relativamente corto. El objetivo de realizar una entrevista a un grupo de estudiantes es analizar cómo percibieron la intervención de los simuladores virtuales en su proceso de aprendizaje en lo cual se pretende obtener la opinión sobre la experiencia respecto a su participación en la investigación.

Pretest

El pretest es una técnica que permite conocer no solo el conocimiento adquirido, sino también, las habilidades que los estudiantes desarrollan durante su etapa de aprendizaje, previo a un tema en específico. Así también, el pretest ayuda a que los investigadores conozcan con exactitud los temas específicos donde los estudiantes presentan dificultades de aprendizaje. Por lo que, a su vez, este favorece para que se elaboren estrategias de aprendizaje orientadas a fortalecer las dificultades que enfrentan los estudiantes.

En la investigación se diseñó un cuestionario pretest como instrumento para la investigación, que consta de 10 preguntas, estas se organizaron a partir de 5 dimensiones definidas previamente (ver anexo 4). Se establecieron 2 indicadores por cada dimensión, los cuales se utilizaron como base para elaborar las preguntas. El cuestionario pretest tiene como objetivo conocer y analizar los conocimientos previos de los estudiantes en el tema del enlace químico, antes de la intervención propuesta por los investigadores orientadas al uso de simuladores virtuales mediante el modelo didáctico MAPIC. El diseño, la complejidad y la

pertinencia pedagógica del cuestionario, fue validado por tres expertos en el área de estudio con experiencia mínima de tres años.

Postest

Las técnicas posteriores utilizadas en una intervención dentro de una investigación se denominan postest, estas evidencian si los estudiantes adquirieron los conocimientos necesarios durante su proceso de aprendizaje de un tema en particular. Así mismo, muestran el nivel de mejora y el refuerzo al conocimiento previo, alcanzados a lo largo de la intervención realizada. Para la investigación, el diseño del cuestionario postest se elaboró con la misma estructura que el pretest, el cual consta de 10 preguntas (ver anexo 4).

Sin embargo, a pesar de que las preguntas se diseñaron de una forma diferente a las del pretest, estas responden con coherencia a los aspectos que los investigadores buscan evaluar. Así también, el instrumento permite realizar una comparación entre los resultados obtenidos del pretest y postest por dimensiones, analizando la viabilidad de la propuesta de intervención y contribuyendo a la recopilación de datos relevantes para la investigación. De igual forma, la validación de este instrumento se realizó en conjunto con el pretest, con el objetivo de que los expertos verifiquen que los instrumentos evalúen las mismas dimensiones.

Análisis y discusión de los resultados del diagnóstico

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de los instrumentos aplicados en el contexto educativo, los cuales permitieron recopilar información relevante para el estudio. Durante el desarrollo de la investigación se utilizaron y analizaron cuatro instrumentos. Entre ellos, los diarios de campo que facilitaron el registro cronológico de las observaciones durante la fase del diagnóstico, entrevista a la docente encargada de la asignatura de química

desde el punto vista pedagógico, entrevista dirigida a los grupos focales conformado por seis participantes. Y finalmente, el instrumento que ratificó la problemática diagnosticada, el cuestionario pretest, aplicado a los tres paralelos de la institución.

Análisis de los diarios de campo

Los diarios de campo constituyen dentro del estudio como un instrumento para documentar, en tiempo real el desarrollo de cada clase realizada por la docente y a su vez registrar actividades que los estudiantes desarrollan durante las actividades planteadas dentro del aula. Esto permite identificar problemas concretos en el ámbito educativo. Por lo que, a través de las observaciones y registros realizados durante el transcurso de las prácticas preprofesionales, se identifican dificultades en el aprendizaje del enlace químico, particularmente en la identificación de cada tipo de enlace químico y en efecto la clasificación de cada uno de ellos.

En el desarrollo de las primeras semanas de clases destinadas al diagnóstico, la docente evaluó a los estudiantes por medio de pruebas escritas de los contenidos abordados durante las clases. El primer tema a evaluar en la primera semana se centró en la tabla periódica, específicamente en la identificación de cada elemento con su respectivo símbolo y valencia. En esta evaluación, el 70% de los estudiantes en cada paralelo obtuvieron notas superiores a 7 incluso la mayor parte de este porcentaje llegaron a obtener notas de 10 y el 30% tuvo notas entre 4 y 6, demostrando que la mayor parte de los estudiantes dominan este concepto.

En la segunda semana, se abordó el contenido del enlace químico y posterior a ello la evaluación elaborada por la docente. Para este tema, la docente consideró puntos importantes, como los conceptos que describen cada tipo de enlace y su correcta clasificación e identificación. Debido a que los puntos a evaluar parten de conocimientos previos que los estudiantes

adquirieron durante el aprendizaje de la tabla periódica, era de esperarse que los resultados fueran favorables, en vista al alto porcentaje de estudiantes que obtuvieron buenas calificaciones.

Sin embargo, los resultados demostraron todo lo contrario, se evidenció que más de la mitad de los estudiantes de cada paralelo obtuvieron notas entre 0 y 5, mientras que el porcentaje restante obtuvo notas entre 7 y 8. Estos datos indican que los estudiantes no solo presentan dificultades en la comprensión del enlace químico, un tema que requiere la integración y aplicación conjunta de conocimientos previos por su grado de complejidad. Si no que también, se evidencia que los estudiantes tienden a memorizar los contenidos, generando un aprendizaje a corto plazo sin dominio conceptual. Y esto a su vez, influye en la retención de información fundamental para la construcción de un nuevo conocimiento.

Así también, durante las observaciones se presentó un bajo interés y motivación por la asignatura, reflejando una escasa participación durante las horas de clases. Es importante mencionar que, en los tres paralelos eran pocos los estudiantes que respondían a las preguntas y en algunos casos, cuando la docente seleccionaba aleatoriamente el nombre de algún estudiante, la respuesta era incorrecta. Demostrando confusión en los conceptos e identificación de los tipos de enlaces. Y, en consecuencia, al no dominar el contenido, la mayor parte de los estudiantes replicaba los ejercicios de sus compañeros en las tareas asincrónicas asignadas por la docente.

Resultados de la entrevista aplicada a la docente

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la entrevista dirigida a la docente, los cuales se detallan en la siguiente tabla. La entrevista se organizó por diferentes categorías, entre ellas: la perspectiva sobre el aprendizaje del enlace químico, dominio de los conceptos de enlace iónico, covalente y metálico, participación de los estudiantes durante el

proceso de aprendizaje, percepción del uso de los simuladores virtuales y percepción del modelo didáctico MAPIC.

Tabla 4
Análisis de los resultados de la entrevista aplicada a la docente

Categoría	Descripción
Perspectiva sobre el aprendizaje del enlace químico.	La docente encargada de la asignatura de química, manifiesta que los estudiantes presentan dificultades en el aprendizaje del contenido que aborda el enlace químico. Así también, considera que los conocimientos previos relacionados directamente con el tema son limitados, y declara que, en su mayoría, suelen olvidar los contenidos vistos en clase, cuando la docente aborda el mismo contenido al día siguiente, evidenciando un aprendizaje temporal en los estudiantes. En consecuencia, la docente señala que estas circunstancias resultan ser un obstáculo para abordar temas posteriores y avanzar progresivamente en el proceso de aprendizaje de la asignatura.
Dominio de los conceptos del enlace iónico, covalente y metálico.	La docente explica que el aprendizaje del enlace químico se distribuye en 3 conceptos fundamentales; enlace iónico, covalente (polar y no polar), y metálico. Para abordar estos conceptos, la docente considera fundamental que los estudiantes adquieran bases sólidas de conceptos previos, ya que se relacionan directamente con el tema. Sin embargo, plantea que al no dominar los conceptos previos resulta más difícil la comprensión del enlace químico. Por lo que, la docente señala la confusión que tienen los estudiantes al momento de identificar, clasificar y explicar el concepto de cada tipo de enlace, evidenciando estas dificultades en

	las bajas calificaciones obtenidas por los estudiantes.
Participación de los estudiantes durante el proceso de aprendizaje.	La docente da a conocer de manera general la participación que han tenido los estudiantes durante el desarrollo de la asignatura y manifiesta principalmente que impartir las clases resulta un gran desafío. Señala que la mayoría de los estudiantes no muestran interés por aprender, dedicando las horas asignadas a la asignatura para realizar actividades no relacionadas a la materia. Dando como resultado que, los mismos cinco estudiantes sean los que participen en clase. Además, señala que, a pesar de los compromisos de algunos estudiantes, los resultados no son favorables. Así también, la docente considera que la química no es difícil de aprender, pero si los estudiantes no se esfuerzan, lo más probable es que su proceso de aprendizaje resulte desafiante.
Percepción del uso de los simuladores virtuales.	En respuesta a las preguntas relacionadas al uso de los simuladores virtuales, la docente declara que sí tiene conocimiento sobre este tipo de herramienta. Alude que los simuladores pueden contribuir positivamente para una mejor comprensión de los conceptos, e incluso menciona que ella misma ha utilizado estos recursos para reforzar su conocimiento. Así mismo, la docente expresa que, en el desarrollo de algunas planificaciones si incluye los simuladores, pero su uso depende de cada estudiante, planteando los simuladores como un aprendizaje autónomo.
Percepción del modelo didáctico MAPIC	En cuanto a la percepción de la docente sobre el modelo didáctico MAPIC, menciona que no tenía conocimiento alguno sobre el modelo planteado. Ante esta situación, los investigadores decidieron dar una breve síntesis explicando los ejes

	fundamentales en los que se basa el modelo. A partir de la información proporcionada, la docente manifiesta que el modelo le resulta una metodología interesante y que podría ser de gran ayuda para elaborar planificaciones didácticas que contribuyan y beneficien los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Nota: Esta tabla evidencia los resultados obtenidos de la entrevista aplicada a la docente de química de segundo de bachillerato por categorías.

De esta manera, a partir del análisis de la entrevista realizada a la docente se puede evidenciar información relevante sobre el proceso de aprendizaje que aborda el contenido del enlace químico, y en su defecto las dificultades que presentan los estudiantes en su aprendizaje. Donde se plantea no sólo la complejidad de la asignatura, sino también el desinterés y la poca participación de los estudiantes.

Resultados de los grupos focales

En la siguiente sección se presentan los resultados obtenidos a partir de la entrevista dirigida a los estudiantes, haciendo uso de la técnica de grupos focales. Para lo que se estableció una organización de tres grupos, uno por cada paralelo, conformado por seis participantes. Esta técnica permitió recopilar diferentes perspectivas de los estudiantes. En la siguiente tabla se detalla la información organizada por diferentes categorías.

Tabla 5

Análisis de los resultados obtenidos a partir de los grupos focales

Categoría	Descripción
Perspectiva sobre el aprendizaje del enlace químico.	Los estudiantes expresan que tienen dificultades para aprender ciertos contenidos de química. Declaran que las clases de química que han recibido hasta ahora son plenamente explicativas, por lo que algunos no han logrado comprender los conceptos previos que les ayude a entender claramente los temas que abordan en segundo de bachillerato. Los estudiantes manifiestan que les resulta complejo expresar con sus propias palabras algunos de los conceptos teóricos abordados hasta el momento. Así también, señalan en específico el tema del enlace químico como un concepto complejo y difícil de entender.
Dominio de los conceptos del enlace iónico, covalente y metálico.	La mayor parte de los estudiantes mencionan que les resulta complejo entender el concepto del enlace químico y más aún poder explicar los conceptos de los diferentes enlaces con sus propias palabras. Señalan también, que estos conceptos se les ha explicado teóricamente y con pocos ejemplos, por lo que les resulta difícil entender cómo los elementos se relacionan entre ellos. Por lo que, suelen a menudo tener confusión para identificarlos y clasificarlos. Además, recalcan que los ejemplos podrían ser de gran ayuda para lograr comprender la parte teórica. Sin embargo, los ejemplos son limitados, por lo que les resulta complejo entender el contenido. Por otro lado, los estudiantes, consideran que sería más entendible el tema del enlace químico, si ellos dominaran los elementos y electrones de la tabla periódica. Y aluden que aprender estos conceptos no les resulta

	complicado pero que suelen olvidar con facilidad estos temas.
Participación de los estudiantes durante el proceso de aprendizaje.	Varios estudiantes mencionan que la química les resulta interesante y que en un principio se comprometieron en su aprendizaje. No obstante, al no comprender claramente los conceptos, pierden el interés y motivación por la asignatura. Señalan también, que en la mayoría de ocasiones los ejemplos que la docente plantea son pocos y que además les resulta difícil relacionarlos con la teoría. Por lo que, no pueden participar en clase, ni realizar alguna de las actividades asignadas por la docente porque se sienten "perdidos".
Percepción del uso de los simuladores virtuales.	La mayoría de los estudiantes menciona que conocen los simuladores virtuales, e incluso que en algunas asignaturas utilizan estos recursos para visualizar diferentes procesos relacionados a los temas vistos en clase. Expresan que sería muy interesante poder observar los procesos que se generan en la química. Algunos estudiantes mencionan que, los simuladores permiten ver cómo es la estructura de un átomo o cómo los elementos químicos se relacionan entre ellos. Lo que les resultaría divertido poder aprender de una manera diferente.

Nota: Esta tabla evidencia los resultados obtenidos de la entrevista realizada a los grupos focales por categorías.

Análisis de los resultados del pretest

En este apartado, se presentan los resultados obtenidos a través del cuestionario pretest, el cual está diseñado para evaluar las habilidades y conocimientos relacionados al contenido del enlace químico. Este cuestionario está conformado por 10 preguntas, organizadas a partir de cinco dimensiones definidas previamente. Así también, para cada dimensión se establecieron dos indicadores, los cuales se utilizaron como referencia para realizar las preguntas.

El análisis de los resultados se organiza en dos secciones. En la primera sección se presentan los promedios generales de cada paralelo (grupo) a través de la Ilustración 1 y se utiliza la escala cuantitativa oficial de calificaciones para el nivel de Bachillerato General establecida por el Ministerio de Educación del año 2025, detallada en la tabla 6.

Primera sección

Ilustración 1
Resultados del pretest

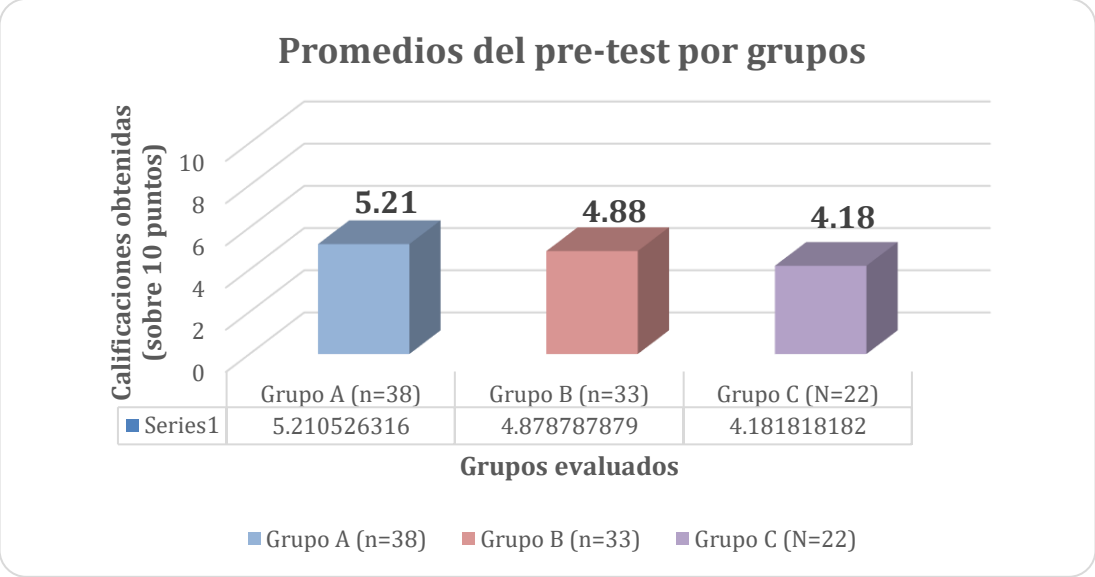


Tabla 6
Escala de calificaciones para el Nivel de Bachillerato General

Equivalencia para el Nivel de Bachillerato General según el RGLOEI	Nota cuantitativa
Destreza o aprendizaje alcanzado	10 – 9
Alcanza los aprendizajes	8 – 7
Está próximo a alcanzar	6 – 5 – 4
No alcanza los aprendizajes	3 – 2 – 1

Nota: Está tabla muestra la escala cuantitativa y su equivalencia para el Nivel de Bachillerato General.

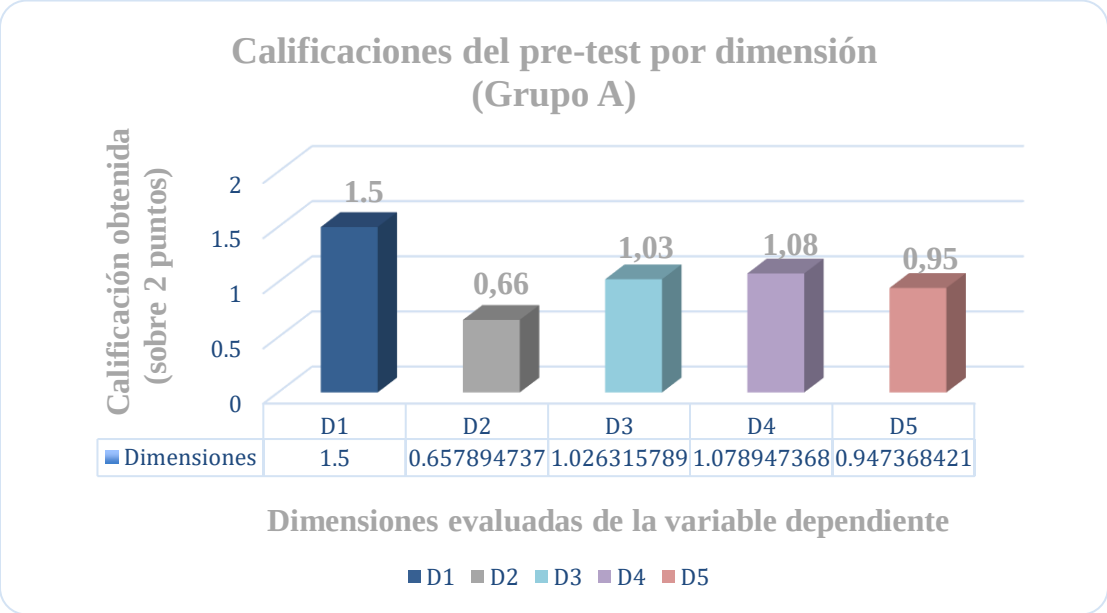
En la Ilustración 1 se presentan los promedios globales del pretest para cada grupo evaluado, obtenido como resultados para el Grupo A de 5.21; Grupo B con 4.88 y por último el Grupo C con un promedio de 4.18. Estas medias se ubican dentro del rango 4 a 6, que, según la escala de calificaciones para bachillerato, corresponde a la categoría de estar próximo a alcanzar los aprendizajes requeridos; en consecuencia, los resultados iniciales sugieren un nivel de desempeño similar entre los tres grupos, en los rangos establecidos. Este panorama se asume como línea base para profundizar el diagnóstico mediante el análisis por dimensiones, a fin de identificar en qué componentes específicos del aprendizaje del enlace químico se concentran las mayores dificultades y orientar la interpretación posterior de los puntajes por indicador.

En la segunda sección, se muestra un análisis exhaustivo por dimensión para cada grupo evaluado, analizando detalladamente las habilidades y conocimientos alcanzados por los estudiantes. Las Ilustraciones 2,3 y 4 presentan las calificaciones obtenidas por el grupo A, B y C respectivamente.

Segunda sección

Ilustración 2

Resultados del pretest por dimensión



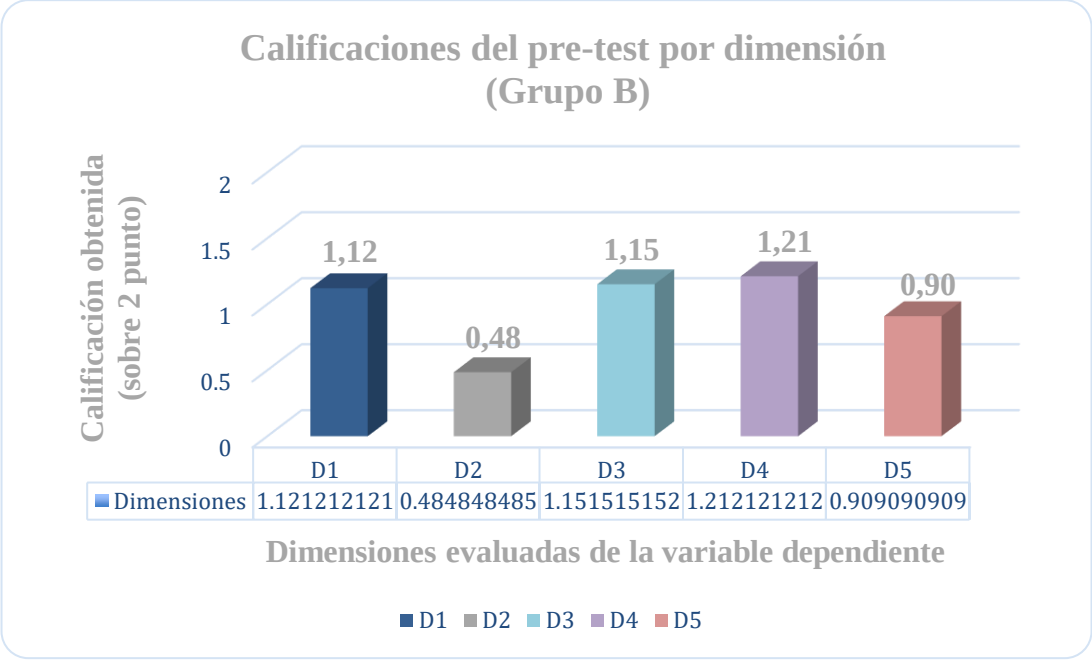
Para el Grupo A, los puntajes del pretest por dimensión, en escala sobre 2 puntos, se interpretan como nivel de logro de los dos indicadores asociados a cada componente. En electronegatividad que representa la primera dimensión se obtuvo como resultado sobre 2 puntos el valor de 1.50, en el cual se observa un desempeño cercano a tres cuartas partes del puntaje posible, lo que sugiere mayor consistencia en las evidencias vinculadas a la definición del concepto y a la identificación de su tendencia en la tabla periódica, aunque sin consolidación completa en todo el grupo. En la dimensión 2 enlace covalente no polar, se obtiene como resultado 0.66, el promedio se ubica por debajo de la mitad del puntaje, lo que es compatible con dificultades para conceptualizar el enlace y reconocer su formación.

En el enlace covalente polar, dimensión 3 se obtuvo un valor de 1.03 y para el enlace iónico, dimensión 4 un resultado de 1.08. Los resultados se sitúan alrededor de la mitad del

puntaje, lo que orienta a un desempeño medio en el uso de la electronegatividad como criterio de clasificación de polaridad y en la explicación e identificación del enlace iónico a partir de la diferencia de electronegatividad. Finalmente, en el enlace metálico que representa la dimensión 5 se obtiene como resultado de 0.95 sobre 2 puntos. El promedio se aproxima a 1.00, lo que indica evidencias parciales respecto a la descripción de características de este tipo de enlace.

Ilustración 3

Resultados del pretest por dimensión



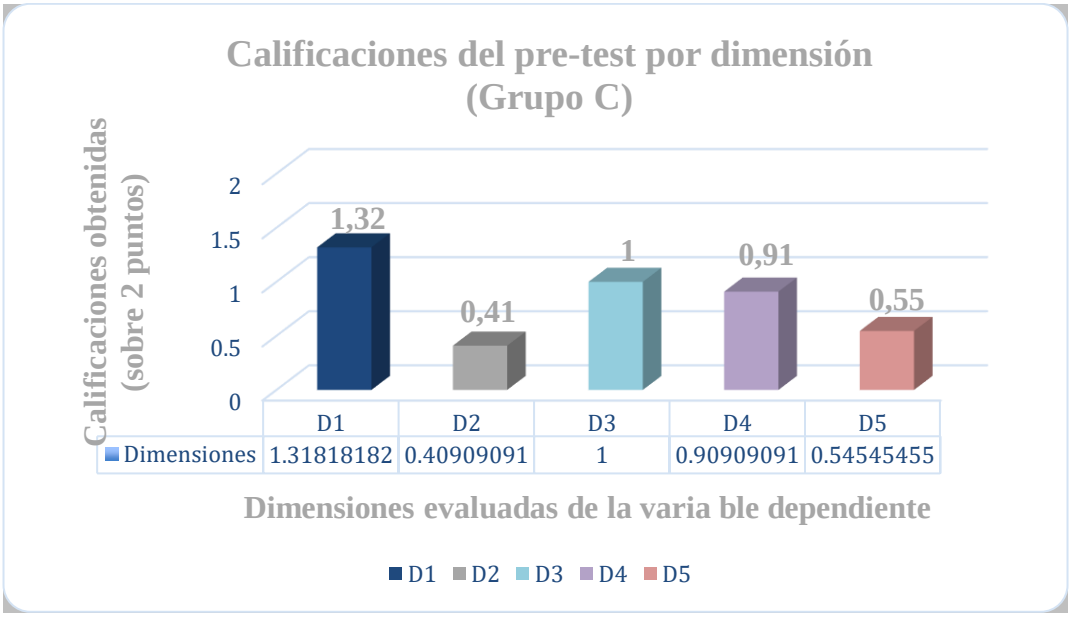
Para el Grupo B, las calificaciones por dimensión reflejan un nivel inicial diferenciado según el contenido evaluado. En Electronegatividad, dimensión 1 se obtiene un resultado de 1.12 sobre 2 puntos, evidenciando un logro intermedio, con respuestas que muestran aproximaciones a los dos indicadores. En Enlace covalente no polar dimensión 2 un valor de 0.48, apreciando que el puntaje se ubica por debajo de la cuarta parte del valor máximo. Lo que corresponde a un desempeño bajo en la conceptualización del enlace no polar y en el reconocimiento de su

formación; este resultado es relevante para el diagnóstico porque este componente constituye una base conceptual para la posterior clasificación de enlaces covalentes por polaridad.

En la dimensión 3, que representa el enlace covalente polar se obtiene como resultado un valor de 1.15 y para la dimensión 4 un valor de 1.21 sobre 2 puntos. Se mantienen promedios intermedios, compatibles con evidencias parciales en la relación electronegatividad y polaridad, la explicación de momentos dipolares y la comprensión del enlace iónico como transferencia electrónica asociada a altas diferencias de electronegatividad. En el enlace metálico, se obtiene un valor de 0.90 registrando un desempeño cercano a la mitad del puntaje, lo que sugiere conocimiento parcial y la necesidad de precisar, por indicador, si la limitación se concentra en la comprensión del mar de electrones o en su relación con propiedades de los metales.

Ilustración 4

Resultados del pretest por dimensión



Para el Grupo C, los resultados del pretest delimitan el punto de partida del grupo en cada dimensión evaluada. En la dimensión 1 que representa al concepto de Electronegatividad, se obtuvo como resultado 1.32 sobre 2 puntos, identificando un logro intermedio, con presencia de evidencias en la definición del concepto y en el reconocimiento de la tendencia periódica. En enlace covalente no polar, D2 un valor de 0.41, en el cual, el puntaje corresponde a un desempeño bajo, lo que anticipa dificultades para sostener procesos de clasificación posteriores dentro de la familia de enlaces covalentes. En el enlace covalente polar, dimensión 3 se obtuvo un valor de 1.00, demostrando que el promedio equivale aproximadamente a la mitad del puntaje, consistente con respuestas parciales en la identificación de diferencias de electronegatividad que generan polaridad y en la explicación de momentos dipolares.

En el enlace iónico que pertenece a la dimensión 4, se obtuvo un valor de 0.91 sobre 2 puntos, demostrando que el desempeño se mantiene por debajo de 1.00, compatible con limitaciones en la explicación y clasificación del enlace iónico a partir de criterios de electronegatividad. Finalmente, en el enlace metálico, dimensión 5 se registró un valor de 0.55, el puntaje evidencia un nivel bajo, lo que, dentro del diagnóstico, fundamenta la necesidad de un abordaje más guiado para vincular el modelo del “mar de electrones” con propiedades observables y con la clasificación del tipo de enlace.

Al comparar el desempeño por dimensiones en la escala de 0 a 2 puntos, se identifica una regularidad en los tres grupos. La dimensión de Enlace covalente no polar presenta los promedios más bajos, con 0.66 en el Grupo A, 0.48 en el Grupo B y 0.41 en el Grupo C. Esta convergencia orienta a dificultades compartidas en la conceptualización del enlace covalente no polar y en el reconocimiento de su formación, lo cual resulta relevante en el diagnóstico debido a

que este contenido funciona como base para la clasificación posterior de enlaces covalentes por polaridad. En contraste, la dimensión de Electronegatividad concentra los valores más altos relativos, con 1.50 en el Grupo A, 1.12 en el Grupo B y 1.32 en el Grupo C, lo que sugiere mayor presencia de evidencias en la definición del concepto y en la identificación de su tendencia en la tabla periódica, aunque sin alcanzar el puntaje máximo esperado.

En las dimensiones vinculadas a la clasificación del enlace con base en la electronegatividad se observan diferencias entre grupos. En Enlace covalente polar, el Grupo B alcanza 1.15, mientras el Grupo A registra 1.03 y el Grupo C 1.00. En Enlace iónico, el Grupo B obtiene 1.21, el Grupo A 1.08 y el Grupo C 0.91. Estos resultados describen que, en el punto de partida, las evidencias asociadas al reconocimiento de diferencias de electronegatividad, a la explicación de la polaridad y a la conceptualización del enlace iónico aparecen con mayor consistencia en el Grupo B, en comparación con los otros grupos. En la dimensión de Enlace metálico se evidencia una separación más marcada, ya que el Grupo A presenta 0.95 y el Grupo B 0.90, mientras el Grupo C registra 0.55, lo que delimita una mayor necesidad de precisiones iniciales en las nociones del tipo de enlace y en la relación del enlace metálico con propiedades físicas con mayor certeza en el Grupo C.

En conjunto, la comparación permite establecer un panorama general de los conocimientos conceptuales abstractos del segundo año de Bachillerato. Se identifica una limitación transversal en Enlace covalente no polar que afecta a los tres grupos, un desempeño relativamente más estable en Electronegatividad y variaciones entre grupos en Enlace covalente polar y Enlace iónico, dimensiones que dependen de la aplicación de la electronegatividad como

criterio de clasificación. Así también se ha identificado una ligera ventaja de Grupo A frente a los otros, a nivel de calificaciones, pero sin ser notable estas diferencias.

Regularidades como triangulación

El diagnóstico inicial realizado en los tres cursos de segundo de bachillerato permitió identificar un conjunto de regularidades en el aprendizaje del enlace químico. En primer lugar, se evidenció un nivel bajo de desempeño en las destrezas de observación y clasificación, particularmente al momento de distinguir entre enlaces covalentes, iónicos y metálicos y de relacionarlos con la transferencia o compartición de electrones. De manera recurrente, los estudiantes tendían a memorizar definiciones aisladas, pero mostraban dificultad para aplicar estos conceptos a situaciones concretas o para justificar sus respuestas con base en la electronegatividad y la configuración electrónica.

En segundo lugar, se constató una comprensión limitada de la electronegatividad y de su relación con el tipo y la fuerza del enlace químico. Muchos estudiantes no lograban explicar por qué ciertos pares de elementos formaban enlaces de naturaleza distinta ni cómo la diferencia de electronegatividad influye en la distribución de la densidad electrónica. Esta dificultad se reflejó en errores frecuentes al clasificar enlaces y en explicaciones incompletas o poco coherentes.

Una tercera regularidad observada fue el predominio de prácticas de aula centradas en la exposición magistral y en la resolución de ejercicios rutinarios, con escaso uso de recursos experimentales o digitales que permitan visualizar los procesos a nivel de los átomos. Esta dinámica se asoció con una participación mayoritariamente pasiva del estudiantado y con pocas oportunidades para desarrollar experiencias de aprendizaje en las que los estudiantes puedan explorar, comparar y discutir diferentes representaciones de los enlaces químicos.

Finalmente, se identificó que, pese a estas dificultades, los estudiantes manifestaban interés cuando se proponían actividades que implican observar y manipular representaciones gráficas o simuladas, lo que sugiere un potencial positivo para el uso de simuladores virtuales y estrategias orientadas al aprendizaje experiencial en el abordaje de este contenido.

Capítulo 3: Propuesta de intervención

Simu-Enlace: Enlaces químicos a través de simuladores virtuales bajo el modelo didáctico MAPIC

A continuación, se aborda la propuesta educativa diseñada para fortalecer el aprendizaje del enlace químico en estudiantes que cursan el segundo año de bachillerato. Siendo el objetivo principal de la investigación, analizar cómo influye el uso de los simuladores virtuales bajo el modelo didáctico MAPIC el aprendizaje del enlace químico.

Simuladores virtuales para el aprendizaje del enlace químico bajo el modelo didáctico MAPIC

La enseñanza del enlace químico representa un desafío recurrente dentro del contexto educativo, debido a su alto nivel de abstracción, lo que genera dificultades en la comprensión de conceptos bases como: la electronegatividad, los electrones de valencia y los tipos de enlace. Esta situación se ve afectada por el uso de metodologías tradicionales centradas en la memorización de contenido, lo cual no responde a las necesidades cognitivas ni al estilo de aprendizaje de los estudiantes. En este contexto, surge la necesidad de replantear las estrategias didácticas mediante enfoques innovadores y activos, que fomenten la comprensión de los temas que se abordan en la química.

La propuesta de intervención se fundamenta en el uso de simuladores virtuales como una herramienta didáctica, destacando plataformas como PhET, Educaplay y FisQuiMat, las cuales permiten representar de forma visual, dinámica e interactiva los procesos de formación del enlace químico. Estas tecnologías ayudan a romper con la enseñanza tradicional, facilitando la visualización de interacciones atómicas y fortaleciendo el desarrollo del pensamiento científico en los estudiantes. Diversos estudios han demostrado la eficacia de estos recursos para mejorar la comprensión conceptual en el área de química, al promover la interactividad, la experimentación y la reflexión crítica (Carrión et al., 2020).

Así también, la propuesta se articula en los principios del modelo didáctico MAPIC, aunque no constituye el eje central del diseño didáctico, aporta coherencia metodológica. Este modelo, compuesto por cinco fases (Motivación, Apropiación, Praxeología, Interpretación y Cuestionamiento), guía el proceso pedagógico para garantizar una participación activa del estudiante y una conexión entre teoría y práctica.

Desde el paradigma socio-crítico, esta intervención no solo busca mejorar los resultados de aprendizaje, sino también transformar las dinámicas del aula mediante estrategias participativas, contextualizadas y tecnológicas. Chonillo et al. (2024), mencionan que las principales dificultades en el aprendizaje de la química están relacionadas con la falta de contextualización, la memorización y la limitada experimentación. Frente a ello, la integración de simuladores virtuales se presenta como una solución pertinente que contribuye a superar estas limitaciones, al ofrecer experiencias que estimulan la comprensión y la apropiación del conocimiento.

Finalmente, la propuesta se desarrolla bajo un enfoque mixto y un diseño pre-experimental, lo que permitirá valorar el impacto real de la intervención a través de la comparación entre los resultados de aprendizaje antes y después de su aplicación, así como recoger la percepción cualitativa de los estudiantes. Este enfoque, garantiza una evaluación más completa y detallada del proceso de enseñanza y aprendizaje, al considerar tanto los logros académicos como las experiencias generadas por el estudiantado.

Descripción de la propuesta

Título de la propuesta: Simu-Enlace: Enlaces químicos a través de simuladores virtuales bajo el modelo didáctico MAPIC

Objetivo de la propuesta

Aplicar simuladores virtuales bajo el modelo didáctico MAPIC para el aprendizaje del enlace químico en estudiantes de Segundo de Bachillerato.

Cronograma de la propuesta de intervención educativa

La implementación de la propuesta se planificó mediante un cronograma que ordena las actividades en cuatro etapas: socialización educativa, diagnóstico, intervención educativa y evaluación. En la Tabla 7 se presenta la distribución de estas acciones por sesiones y semanas, indicando los momentos previstos para la aplicación de instrumentos, el desarrollo de la intervención y el cierre evaluativo. Esta organización temporal permite precisar la secuencia de trabajo y facilitar el seguimiento de la propuesta durante su ejecución.

Tabla 7

Cronograma de la propuesta organizada por sesiones

Actividades	**Socialización educativa** (1.ª etapa)	**Diagnóstico** (2.ª etapa)	**Intervención educativa** (3.ª etapa)			**Evaluación** (4.ª etapa)
	Sesión 1: Semana 1	**Sesión 2:** Semana 2-3	**Sesión 3:** Semana 4	**Sesión 4:** Semana 5	**Sesión 5:** Semana 6	**Sesión 6:** Semana 7-8
Socialización de la propuesta y entrega de los consentimientos informados.						
Aplicación de las entrevistas a la docente y a los grupos focales, así también, el pretest previo a la intervención.						
			Dimensión 1: Electronegatividad			
Actividades orientadas al aprendizaje de la electronegatividad, a través del uso de simuladores virtuales.						
			Dimensión 2 y 3: Enlace covalente (polar y no polar)			
Actividades orientadas al aprendizaje del enlace						

covalente (polar y no polar), a través del uso de simuladores virtuales.						
			Dimensión 4 y 5: Enlace iónico y metálico			
Actividades orientadas al aprendizaje del enlace iónico y metálico, a través del uso de simuladores virtuales.						
Aplicación del postest y entrevistas posteriores a la intervención a la docente y a los grupos focales.						

Nota: La tabla muestra la organización del proceso de la intervención educativa

Desarrollo de cada fase

El diseño de la propuesta de intervención con simuladores virtuales se estructuró a partir de una articulación metodológica entre el modelo instruccional ADDIE y el modelo didáctico MAPIC. En este estudio, ADDIE se asumió como marco para ordenar el proceso de diseño, producción y evaluación de la intervención a nivel macro, mientras que MAPIC se aplicó como estructura de mediación pedagógica para el desarrollo de cada sesión en el aula, siendo el nivel

micro. Esta decisión permitió sostener una coherencia interna entre lo planificado, lo implementado y lo evaluado.

A(ANÁLISIS)

En la fase de análisis se consideraron los resultados del diagnóstico cualitativo y del pretest como insumos centrales para delimitar las necesidades de aprendizaje. Este análisis permitió identificar dificultades recurrentes relacionadas con la identificación de rasgos relevantes al contenido del enlace químico, el reconocimiento de patrones asociados a criterios de clasificación, y la tendencia a resolver actividades mediante memorización sin justificación. Además, se incorporaron condiciones reales de implementación propias del contexto escolar, particularmente la duración efectiva de las clases de 40 minutos y la dinámica de trabajo con recursos digitales, con el propósito de asegurar una propuesta viable, focalizada en objetivos operativos y ajustada al tiempo disponible.

D(DISEÑO)

En la fase de diseño se estableció la organización de la intervención en cinco sesiones: una sesión inicial destinada a activación y pretest, tres sesiones de implementación con simuladores virtuales, y una sesión final orientada al postest y cierre. La distribución temática de las tres sesiones de implementación respondió a una progresión conceptual necesaria para clasificar enlaces con base en criterios: en primer lugar, electronegatividad como fundamento para la comparación y anticipación de comportamiento; en segundo lugar, enlace covalente polar y no polar; y, en tercer lugar, enlace iónico y metálico. De manera complementaria, se definieron

las evidencias esperadas por sesión, así como los instrumentos para recoger dichas evidencias durante la intervención y en los momentos de contraste pretest con el postest.

En esta misma fase se determinó que cada sesión de implementación se conduzca con la estructura MAPIC, garantizando la presencia de cinco momentos pedagógicos: motivación, apropiación del conocimiento, praxeología, interpretación y cuestionamiento. Dado el límite temporal de 40 minutos, se propuso una distribución referencial del tiempo que asegure el cumplimiento de la lógica del modelo sin sacrificar el trabajo práctico con simuladores: motivación (aproximadamente 5 minutos), apropiación (8 minutos), praxis con simulador (15 minutos), interpretación (8 minutos) y cuestionamiento o autoevaluación (4 minutos). Esta distribución se consideró una guía operativa, susceptible de ajustes menores según el ritmo del grupo y la complejidad de las tareas.

D (DESARROLLO)

En la fase de desarrollo se elaboraron los materiales que hacen operativa la propuesta: hojas de trabajo con consignas graduadas para dirigir la observación, orientar la comparación y sostener la clasificación, y criterios explícitos de desempeño para acompañar la evaluación de lo realizado. Las hojas de trabajo se diseñaron para reducir la exploración no dirigida y maximizar el tiempo dedicado a procesos cognitivos: observar, registrar, contrastar, decidir y justificar. Asimismo, se incorporaron pautas de autoevaluación para el momento de cuestionamiento, de modo que el estudiantado pueda identificar si sus clasificaciones se sostienen en criterios y evidencia, o si requieren refuerzo antes de avanzar, así también como la apertura para dar opiniones o sugerencias.

I (IMPLEMENTACIÓN)

En la fase de implementación la propuesta se ejecutó siguiendo la estructura MAPIC en cada sesión. La sesión inicial se destinó a activar conocimientos previos, explicitar el propósito de trabajo y aplicar el pretest como línea base. En las tres sesiones de implementación, la motivación se orientó a presentar la utilidad del conocimiento químico en planes futuros de los estudiantes; la apropiación se enfocó en consolidar conceptos operativos indispensables; la praxeología se concretó en actividades con simuladores virtuales centradas en observación y registro; la interpretación exigió transformar observaciones en explicaciones breves con base en criterios; y el cuestionamiento se estableció como cierre metacognitivo, incorporando autoevaluación y verificación de sensaciones. La sesión final se destinó a aplicar el postest y realizar el cierre de la propuesta, y la realización de grupos focales, recuperando criterios trabajados y consolidando la justificación de decisiones de clasificación.

E (EVALUACIÓN)

En la fase de evaluación se integró una evaluación de tipo postest. Otra parte se levantó durante las sesiones, especialmente en los momentos de praxeología e interpretación, a partir de los registros del estudiantado, la consistencia de sus comparaciones, la aplicación de criterios y la calidad de las justificaciones. La evaluación se concretó mediante el contraste pretest con el postest, con el propósito de identificar variaciones en el desempeño y valorar cambios en la capacidad de observar rasgos relevantes y clasificar el tipo de enlace con base en criterios trabajados durante la intervención. De este modo, el diseño de la propuesta mantuvo

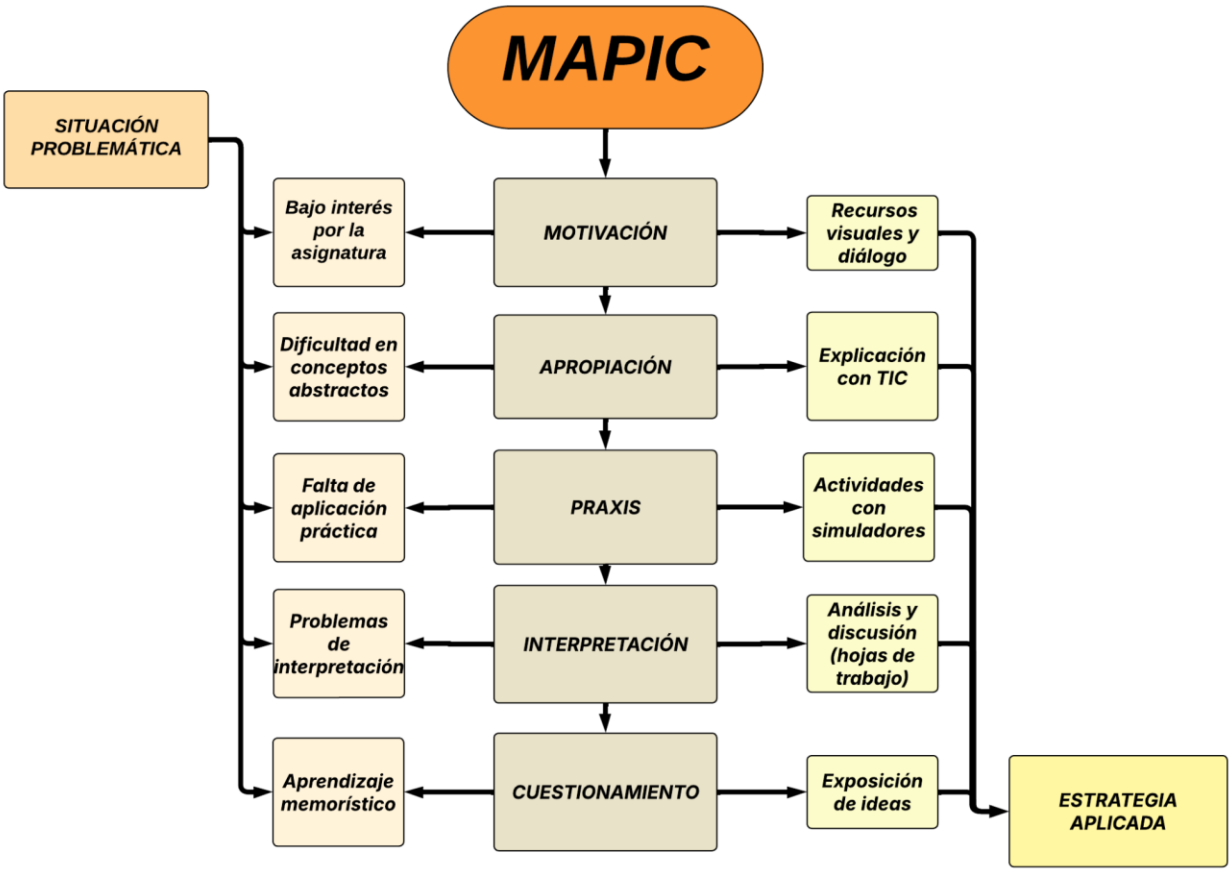
correspondencia directa entre necesidades identificadas, criterios didácticos de implementación y procedimientos de evaluación, asegurando una intervención sustentada en datos numéricos.

Diseño del modelo didáctico MAPIC aplicado a la propuesta:

A continuación, se presenta un diagrama en el cual se ilustran las fases del modelo MAPIC y su utilidad dentro de la implementación. Dentro de la ilustración también se integran las estrategias usadas en cada fase durante la propuesta educativa realizada.

Ilustración 5

Modelo de aplicación del modelo didáctico MAPIC durante la intervención



Evaluación de la propuesta

La evaluación de la propuesta se sustenta en un enfoque mixto, el cual permite combinar métodos cuantitativos y cualitativos para obtener una comprensión integral del impacto pedagógico de la intervención. Desde el enfoque cuantitativo, se aplicaron instrumentos estructurados como el pretest y el postest, diseñados en función de las dimensiones del aprendizaje del enlace químico. Estos instrumentos permiten medir los cambios en la comprensión conceptual, la identificación y clasificación de los tipos de enlace, así como la capacidad de argumentación de los estudiantes. La comparación de los resultados permite determinar si la aplicación de los simuladores virtuales tuvo un efecto relevante en el aprendizaje, considerando los resultados como indicadores concretos del desarrollo cognitivo alcanzado.

Al mismo tiempo, se incorporó una evaluación continua que permite observar los procesos internos del aprendizaje durante la intervención, con respuesta de tipo cualitativas, en las cuales los estudiantes describieron por ellos mismo los elementos y aprendizajes presentes en las sesiones. Esta evaluación se realizó mediante el uso de un diario de campo, que registró aspectos importantes como la participación frente al uso de la tecnología. Asimismo, se utilizarán hojas de trabajo para valorar el desempeño en las actividades planificadas, especialmente aquellas asociadas a la interacción con los simuladores. Finalmente, se aplicó una autoevaluación estructurada que permite conocer la percepción del estudiante sobre su experiencia de aprendizaje después de cada sesión, permitiendo que ellos sean parte de las recomendaciones de la propuesta.

Implementación de la propuesta

1. Descripción general de la propuesta

La propuesta de intervención se orienta a favorecer el aprendizaje del enlace químico en estudiantes de segundo de Bachillerato, tomando como eje la destreza establecida en el currículo de química: “Observar y clasificar el tipo de enlaces químicos y su fuerza partiendo del análisis de la relación existente entre la capacidad de transferir y compartir electrones y la configuración electrónica, con base en los valores de la electronegatividad”. En este sentido, la intervención busca que el alumnado no solo reconozca distintos tipos de enlace, sino que pueda relacionarlos con la electronegatividad, la configuración electrónica y la forma en que los átomos transfieren o comparten electrones, para finalmente establecer diferencias en la fuerza de dichas interacciones.

Previamente al desarrollo de esta intervención ya se había realizado un diagnóstico inicial de la situación del estudiantado en cuanto a sus conocimientos sobre enlaces químicos. Por ello, las cinco sesiones que conforman la propuesta se organizaron con un énfasis mayor en la activación, profundización y consolidación de conocimientos, más que en la identificación inicial de sus ideas. La propuesta se estructuró en una sesión inicial de activación de conocimientos previos mediante un pretest, tres sesiones intermedias centradas en contenidos específicos y una sesión final de aplicación del postest.

En las tres sesiones intermedias se utilizó una misma lógica metodológica mediada por simuladores virtuales. En primer lugar, los estudiantes exploraron los simuladores y registraron en una hoja de trabajo aquello que observaban sobre la distribución de electrones, la electronegatividad, la formación de los enlaces y su posible fuerza. En segundo lugar, se plantearon actividades específicas que exigían el uso de los simuladores, a fin de observar y

clasificar el tipo de enlace y su fuerza. Finalmente, se destinó un espacio para que escribieran sus opiniones y los aprendizajes que consideran haber alcanzado en cada sesión con las herramientas propuestas.

Organización de las sesiones de la intervención

Primera sesión: Activación de conocimientos previos mediante el pretest

La primera sesión se destinó a la aplicación de un pretest sobre el tema de enlace químico, utilizado principalmente como estrategia para activar y organizar los conocimientos previos del estudiantado. Durante esta sesión, los estudiantes respondieron de manera individual el instrumento del pretest, lo que les permitió recordar y poner en juego sus ideas sobre electronegatividad y tipos de enlace (iónico, covalente y metálico). De este modo, el pretest funcionó como un punto de partida para que el alumnado tomase conciencia de lo que sabía, de sus posibles vacíos y de las relaciones que aún no establecía entre la capacidad de transferir o compartir electrones, la configuración electrónica y la fuerza del enlace. Al mismo tiempo, los resultados obtuvieron una línea de referencia específica para esta intervención, que sirvió para orientar el énfasis de las siguientes sesiones.

Segunda sesión: Electronegatividad y puntualizaciones previas sobre enlaces químicos

La segunda sesión se centró en la electronegatividad y en la recuperación y reorganización de las nociones previas de los estudiantes sobre temas prerrequisitos para abordar el enlace químico. En un primer momento, se promovió que el alumnado expresara sus ideas acerca de por qué los átomos se unen, cómo se distribuyen los electrones en dichas uniones y qué relación percibían entre estas ideas y la fuerza con la que los átomos permanecen unidos.

Posteriormente, se trabajó con simuladores virtuales que representan átomos con diferentes valores de electronegatividad. A partir de su exploración, los estudiantes pudieron observar cómo la diferencia de electronegatividad entre dos elementos se relaciona con las tendencias a transferir o compartir electrones en base a la posición en la tabla periódica de los distintos elementos, en consecuencia, con el tipo de enlace que se forma. La hoja de trabajo contempló espacios para describir lo observado en los simuladores (ver anexo 1), identificar regularidades en la formación de enlaces y formular explicaciones iniciales sobre por qué ciertos pares de elementos forman enlaces más fuertes o débiles.

A continuación, se plantearon actividades específicas que exigían comparar pares de elementos, analizar la diferencia de electronegatividad y anticipar si se formaría un enlace predominantemente iónico o covalente, relacionando este análisis con la configuración electrónica de los átomos involucrados. De esta forma, se avanzó en la destreza de observar y clasificar el tipo de enlace y su fuerza en función de la electronegatividad y de la manera en que los electrones se transfieren o se comparten. La sesión concluyó con un apartado en el que los estudiantes registraron sus opiniones sobre el uso de los simuladores y los aprendizajes que consideran haber logrado en la sesión.

Tercera sesión: Enlace covalente (polar y no polar)

La tercera sesión se orientó al estudio del enlace covalente, diferenciando entre enlaces covalentes polares y no polares. En primer lugar, los estudiantes trabajaron con simuladores virtuales que permitían visualizar la compartición de electrones entre átomos y la influencia de la diferencia de electronegatividad en la distribución de la densidad electrónica.

La hoja de trabajo (ver anexo 2) guio al estudiantado para que explorara diversas moléculas presentadas por el simulador, describiendo lo que ocurría a nivel de los electrones compartidos y cómo variaba la distribución de la carga cuando la diferencia de electronegatividad era mayor o menor. En un segundo momento, se propusieron actividades en las que los estudiantes debían construir o seleccionar moléculas, clasificar los enlaces como covalentes polares o no polares y justificar dicha clasificación a partir de la información proporcionada por el simulador (valores de electronegatividad y carga electrostática).

Con ello, se profundizó en la destreza curricular al requerir que el estudiante analizará la forma en que los átomos comparten electrones y cómo esto se traduce en diferentes tipos de enlace. Al final de la sesión, se reservó un espacio para que los estudiantes expresaran sus opiniones respecto al recurso virtual y escribieran sobre los aprendizajes alcanzados sobre la naturaleza del enlace covalente y sus experiencias propias durante la intervención.

Cuarta sesión: Enlaces iónico y metálico

La cuarta sesión se dedicó al abordaje de los enlaces iónico y metálico. Para el enlace iónico, se emplearon simuladores que representaban la transferencia de electrones entre átomos metálicos y no metálicos, la formación de iones y la atracción electrostática resultante. En el caso del enlace metálico, los simuladores permiten observar modelos en los que se ilustraba la presencia de electrones deslocalizados en una red ordenada de cationes metálicos, a manera de (mar de electrones).

De forma análoga a las sesiones anteriores, la hoja de trabajo (ver anexo 3) se estructuró en tres momentos. En la fase de exploración inicial, los estudiantes registraron lo que observaban

sobre el movimiento y la distribución de los electrones en ambos tipos de enlace. En la fase de actividades dirigidas, debían identificar y diferenciar las características propias del enlace iónico y del enlace metálico, analizando cómo la capacidad de transferir electrones (en el caso del enlace iónico) o de compartirlos de forma deslocalizada (en el enlace metálico) se relaciona con la configuración electrónica de los átomos implicados y con la fuerza de las interacciones que mantienen unida la estructura.

Esta reflexión permitió que el alumnado avanzara nuevamente en la destreza de observar y clasificar el tipo de enlace y su fuerza, a partir del análisis de la relación entre la transferencia o compartición de electrones, la configuración electrónica y la electronegatividad. En la fase de cierre, los estudiantes explicitan, con sus propias palabras, las ideas clave comprendidas y las diferencias esenciales entre ambos tipos de enlace, además de registrar sus opiniones y aprendizajes.

Quinta sesión: Aplicación del postest

La quinta sesión se destinó a la aplicación del postest, con el fin de valorar los aprendizajes alcanzados por los estudiantes tras la intervención. El instrumento permitió comparar los resultados con los obtenidos en el pretest y analizar los avances conceptuales del alumnado en relación con la electronegatividad, la configuración electrónica y los distintos tipos de enlace químico trabajados en las sesiones intermedias.

Asimismo, el postest incluyó un espacio para que los estudiantes expresaran su percepción sobre el uso de simuladores virtuales y sobre la utilidad de las hojas de trabajo para comprender cómo la transferencia y la compartición de electrones repercuten en el tipo y la

fuerza de los enlaces químicos. De esta forma, la sesión cumplió una doble función: evaluar los progresos en la destreza curricular y recoger retroalimentación respecto a la propuesta implementada.

Resultados obtenidos mediante la implementación realizada

Una vez implementada la propuesta didáctica en los tres grupos preexperimentales y aplicada la evaluación posterior, se procede a presentar de manera articulada los resultados obtenidos. En primer lugar, se consideran los hallazgos cuantitativos del postest, atendiendo al desempeño alcanzado por cada grupo y a las variaciones respecto al diagnóstico inicial.

De forma complementaria, se incorporan los aportes cualitativos recogidos tanto en los grupos focales como en las hojas de trabajo utilizadas durante la intervención, en las cuales los estudiantes desarrollaron actividades con simuladores virtuales y contaron con un espacio específico para expresar cómo aprendieron y qué contenidos lograron comprender. Finalmente, estos insumos se integran mediante un proceso de triangulación que permite contrastar y enriquecer la información cuantitativa y cualitativa, con el propósito de ofrecer una visión más completa y fundamentada del impacto en los tres grupos de estudio.

Hojas de trabajo

Cómo parte de la propuesta y en consonancia con las sesiones, se le facilitó al estudiantado un total de tres guías de actividades con el objetivo de conducir a cada estudiante a interactuar con los simuladores y poder registrar sus vivencias, sensaciones y aprendizajes propios a lo largo de las sesiones. La hojas llevan actividades con los distintos simuladores y una de reflexión y análisis de lo que consideraba haber llegado a aprender con la experiencia, las

primeras actividades eran exploratorias para que puedan identificar los elementos de la simulación y sus utilidades de forma autónoma, las siguientes para poder poner en marcha un proceso dentro de la simulación y describirlo, esta actividad busca que cada estudiante presenta es su ejercicio un resultado diferente entre los compañeros, pero se mantuviese la lógica y objetivo de la actividad.

Los resultados generales fueron muy positivos, los estudiantes presentaron las hojas de trabajo y se prestaban a la plática de aquello que habían aprendido durante la sesiones y plasmado en sus registros, cabe aclarar que por motivos de tiempo y disponibilidad del aula se hace revisión de estos materiales en un espacio diferente a la hora de las sesiones planificadas, esto con el objetivo de que los estudiantes se sientan libres de poder escribir a gusto sus observaciones y presenten documentos limpios y con pertinencia a lo tratado.

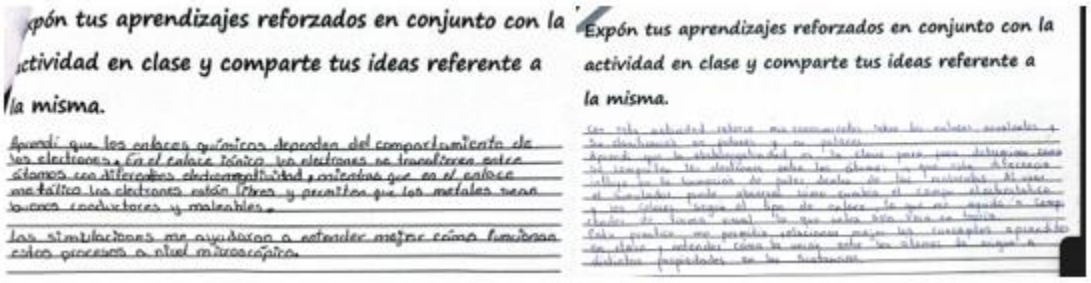
El espacio de opinión es enriquecedor dentro de estas actividades, en este apartado los estudiantes plasmaron su propia visión de lo que habían aprendido y cómo se sentían con ese mismo aprendizaje, donde si bien aún se presentan inexactitudes, se podía trabajar a partir de ahí para explicar y reforzar conocimiento y conocer que consideraban los estudiantes que estaban recibiendo con esta intervención que buscaba diversificar la manera y el espacio del aprendizaje.

Por parte de las demás actividades los estudiantes respondieron de manera óptima los distintos apartados, las actividades de exploración demostraron ser de utilidad al incentivar a los estudiantes a escribir todo lo que podían observar y entender previo a hacer algo específico dentro del simulador y con ello poder trabajar las actividades de puesta en práctica, donde si bien si se detectaban fallos en ciertas afirmaciones, servían para luego puntualizar explicaciones, los

estudiantes cumplían toda la actividad sin inconvenientes y presentando un seguimiento preciso, el diseño base de esta actividades (ver anexo 7).

Ilustración 6

Ejemplos de actividades de reflexión propia del alumnado durante las sesiones

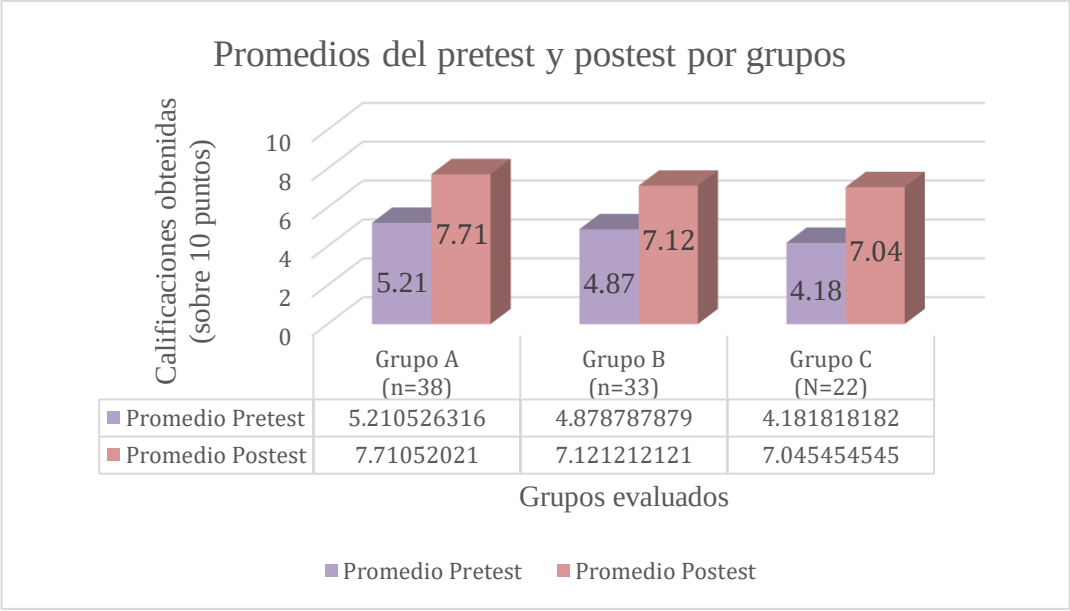


Resultados del postest

A continuación, en la Ilustración 7 se presentan los datos promedios del pretest y postest para poder apreciar visualmente el cambio que se produjo en cada grupo en la puntuación total de pruebas validadas para tener los mismos apartados de evaluación.

Ilustración 7

Resultados de los promedios del pretest y postest de los grupos.



La comparación entre los resultados del pretest y del postest nos permite analizar con mayor precisión los efectos del uso de simuladores virtuales en el desempeño de los estudiantes. Los datos muestran un aumento en los promedios de los tres grupos participantes. El grupo A pasó de 5.21 en el pretest a 7.71 en el postest; el grupo B de 4.88 a 7.12; y el grupo C de 4.18 a 7.05. Esta variación sugiere que, tras la intervención, los estudiantes lograron responder con mayor precisión a las preguntas relacionadas con las dimensiones evaluadas en la investigación sobre el tema del enlace químico, lo que indica una mejora en su capacidad para aplicar los conceptos discutidos durante las sesiones de trabajo.

Con el propósito de verificar la normalidad previa a la selección de las pruebas a realizar con los estadísticos recopilados, se aplicó la prueba de Shapiro–Wilk a los puntajes del pretest y del postest en los grupos A, B y C, así como a la diferencia del postest con el pretest en cada grupo. En la Tabla 8 se presentan los estadísticos W y sus valores p, contrastados con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$. En todos los casos se obtuvieron valores p inferiores a 0,05, por lo que se rechaza la hipótesis nula de normalidad; en consecuencia, se sustenta el uso de procedimientos no paramétricos para el análisis comparativo entre mediciones.

Tabla 8
Análisis de la normalidad por la prueba de Shapiro–Wilk

Grupo	Evaluación	SW c	P value	> α <
Grupo A	Pretest	0,8721	0,0013	< 0,05
	Post-test	0,8910	0,0038	< 0,05
	Diferencia (Post–Pre)	0,9064	0,0197	< 0,05
Grupo B	Pretest	0,9135	0,0324	< 0,05

	Post-test	0,8842	0,0021	< 0,05
	Diferencia (Post–Pre)	0,8619	0,0009	< 0,05
Grupo C	Pretest	0,8537	0,0006	< 0,05
	Post-test	0,9018	0,0142	< 0,05
	Diferencia (Post–Pre)	0,8796	0,0047	< 0,05

Nota: Esta tabla muestra los resultados obtenidos de la prueba de Shapiro–Wilk en los datos de tres grupos de segundo de bachillerato.

La tabla 9 presenta las diferencias promedio entre el pretest y el postest en cada grupo, esto con el fin de ilustrar el cambio directo que se ha presentado posterior a la propuesta, cabe resaltar que ninguna diferencia es menor a dos puntos, y en el último grupo se aproxima a tres un crecimiento que para las tres únicas sesiones de impartición de contenido es visiblemente positivo.

Tabla 9
Resultados de la diferencia promedio en cada grupo

Grupo	n	Diferencia promedio
A	38	2.50
B	33	2.24
C	22	2.86

Nota: La tabla presenta los resultados de la diferencia de promedios de cada grupo estudiado.

Tabla 10
Resultados de la prueba de Wilcoxon en los resultados de pretest y postest.

	Prueba de Wilcoxon	p-value	> α <
Grupo A	9	0,000001	<0.05
Grupo B	42	0,000029	<0.05
Grupo C	1.5	0,000235	<0.05

Nota: Esta tabla muestra los resultados obtenidos al realizar la prueba de Wilcoxon a los resultados del pretest y postest.

Los resultados de la tabla 9 permite observar que a través de la prueba de Wilcoxon existen diferencias sustanciales en los resultados obtenidos antes y después de la intervención, debido al rechazo de la hipótesis nula en cada grupo. Esto sirve para demostrar el cambio en los promedios a los que llegaron los estudiantes en conjunto a la intervención, no son despreciables en estos datos de naturaleza no paramétrica.

La comparativa por dimensiones muestra la tendencia encontrada en el crecimiento de resultados, así se identifica que las áreas que inicialmente registraron los niveles más bajos, como el enlace covalente apolar y el enlace metálico, presentan incrementos notables en el postest. Esta evolución indica que, después de la intervención, los estudiantes pudieron establecer con mayor claridad los criterios que diferencian cada tipo de enlace y reconocer los elementos estructurales que permiten clasificarlos. También se observa un avance en electronegatividad, enlace covalente polar y enlace iónico, donde los estudiantes demuestran una mayor capacidad para interpretar la información presentada y justificar la naturaleza de los

enlaces en función de la diferencia de electronegatividad y la relación con tendencias de la tabla periódica.

En el análisis se considera que cada dimensión del aprendizaje del enlace químico se ha de evaluar sobre una escala de 2 puntos, correspondientes al cumplimiento de dos indicadores. En consecuencia, el contraste del pretest y postest permite identificar variaciones en el desempeño específico por dimensión e inferir avances vinculados a las destrezas de observación y clasificación, al comparar la identificación de patrones y la asignación correcta del tipo de enlace con base en el contenido abordado durante la intervención.

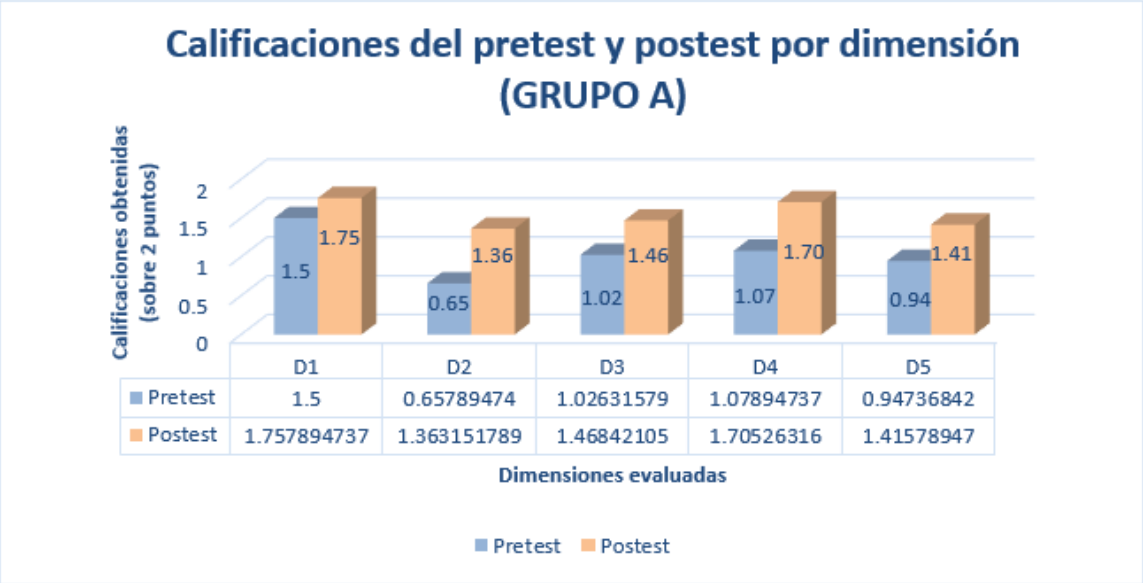
Análisis por dimensión

Grupo A

En el Grupo A se evidencia una mejora posterior a la intervención, consistente con el aumento global del promedio, con una diferencia promedio de 2.5 puntos entre pretest y postest. El análisis por dimensiones permite precisar que el avance no se limita a una ganancia general, sino que se distribuye en componentes conceptuales que sustentan la clasificación de enlaces como se muestra en la Ilustración 8.

Ilustración 8

Resultados por dimensión del pre-test y postest del grupo A



Electronegatividad

En el pretest, el rendimiento en esta dimensión se ubicó en 1,50/2, lo que evidenció un desempeño relativamente alto en el reconocimiento de la electronegatividad como propiedad comparativa y en la identificación de su tendencia periódica. Después de la intervención, el postest alcanzó una puntuación de 1,75/2, lo que pone de manifiesto el hecho de que el uso de la tendencia periódica se ha concretado como un criterio cercano al máximo evaluado para prever el comportamiento electrónico, y este resultado es importante, ya que la electronegatividad, a su vez, sirve de base para justificar la formación de los enlaces y orientar a la hora de clasificar.

Enlace covalente no polar

En el pretest, el Grupo A registró 0,65/2, lo cual sugirió limitaciones para diferenciar la compartición equitativa de electrones y reconocer condiciones de formación asociadas a

electronegatividades con nula o mínima diferencia. En el postest, la puntuación aumentó a 1,36/2, mostrando mayor precisión al identificar casos de compartición balanceada y al distinguirlos de situaciones donde la polaridad genera un tipo de enlace diferente polaridad. Esto sugiere un progreso en la observación de representaciones electrónicas y su traducción a categorías de enlace.

Enlace covalente polar

Esta dimensión, con un valor en pretest de 1,02/2, indica dificultades para vincular la diferencia de electronegatividad con la distribución asimétrica de carga y sostener explicaciones apoyadas en momentos dipolares. En el postest se observa un incremento de 0.44 respecto al resultado de pretest, apreciando un valor de 1,46/2, lo cual sugiere que el grupo reconoció con mayor consistencia la polaridad como consecuencia de diferencias de electronegatividad. La persistencia de errores residuales puede asociarse a explicaciones incompletas, centradas en nombrar categorías sin sustentar la interpretación de la evidencia.

Enlace iónico

En el pretest, la puntuación fue 1,07/2, lo que visibiliza confusión entre transferencia y compartición, o un uso insuficiente del criterio de diferencia alta de electronegatividad. En el postest, la dimensión alcanzó 1,70/2 aumentando un valor de 0.63 mostrando claridad para reconocer la transferencia electrónica y relacionarla con diferencias marcadas de electronegatividad. Este resultado se vincula con el fortalecimiento de la clasificación, al integrar un criterio observable en la tabla periódica y un criterio comparativo con datos numéricos.

Enlace metálico

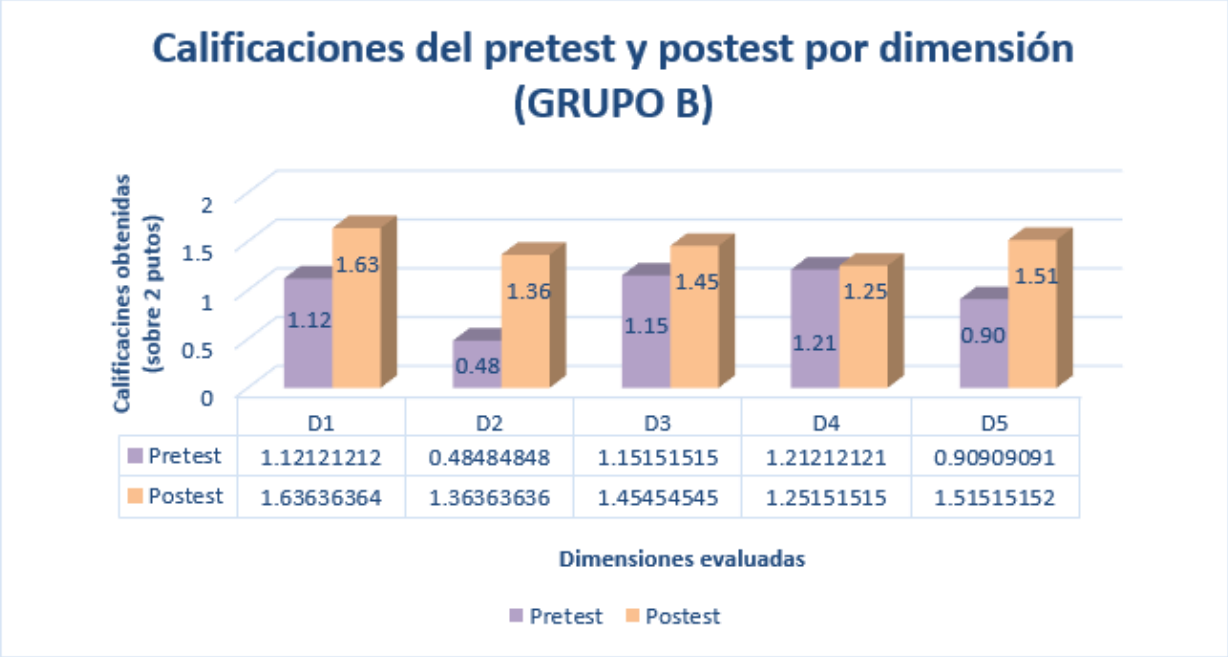
En el pretest se registró 0,94/2, cosa que vuelve observable las dificultades para describir el modelo de electrones deslocalizados y relacionarlo con propiedades del enlace. En el postest se alcanzó 1,41/2, evidenciando una mejora en la comprensión del modelo del enlace metálico, pero sin llegar a ser muy superior. El avance puede asociarse a la observación guiada en simulaciones y a la explicitación del vínculo entre estructura y comportamiento.

Grupo B

En el Grupo B se observa un incremento posterior a la intervención coherente con el cambio del promedio global. El análisis por dimensiones sugiere que el progreso estuvo asociado a una mayor utilización de criterios conceptuales para interpretar representaciones de electrones y clasificar tipos de enlace debido al apoyo de los simuladores virtuales, esto ilustrado en la Ilustración 9.

Ilustración 9

Resultados por dimensión del pre-test y postest del grupo B



Electronegatividad

En el pretest se obtuvo un valor de 1,12/2 a diferencia del postest, en el que se puede apreciar un aumento de 0.51 obteniendo un resultado de 1,63/2, lo cual indica un avance en el reconocimiento de la tendencia periódica y en el uso de la electronegatividad como criterio para anticipar si predominará transferencia o compartición de electrones.

Enlace covalente no polar

Se evidencia un cambio de 0,48/2 a 1,36/2. Esto sugiere que, posterior a la intervención, el grupo logró identificar con mayor consistencia situaciones de compartición equitativa y reducir clasificaciones basadas únicamente en la presencia de dos no metales, incorporando con mayor frecuencia el criterio de electronegatividad.

Enlace covalente polar

En el pretest la dimensión alcanzó 1,15/2 y en el postest 1,45/2. El avance se interpreta como una mejora para reconocer que la polaridad se vincula con diferencias de electronegatividad y que la explicación requiere describir una distribución desigual de electrones. Si se mantiene una brecha en el indicador asociado a momentos dipolares, suele relacionarse con explicaciones parciales centradas en identificar el tipo de enlace sin sostenerlo con el fundamento representacional.

Enlace iónico

El paso de 1,21/2 a 1,25/2 muestra una variación mínima. Este comportamiento sugiere que, en esta dimensión, la intervención no generó una ganancia equivalente a la observada en otras dimensiones en este grupo en específico, por lo que pueden persistir confusiones entre transferencia y compartición, o dificultades para aplicar de manera consistente el criterio de alta diferencia de electronegatividad. En términos de discusión, esta dimensión se perfila como un punto a reforzar, especialmente para evitar la confusión entre enlaces covalentes polares extremos e iónicos.

Enlace metálico

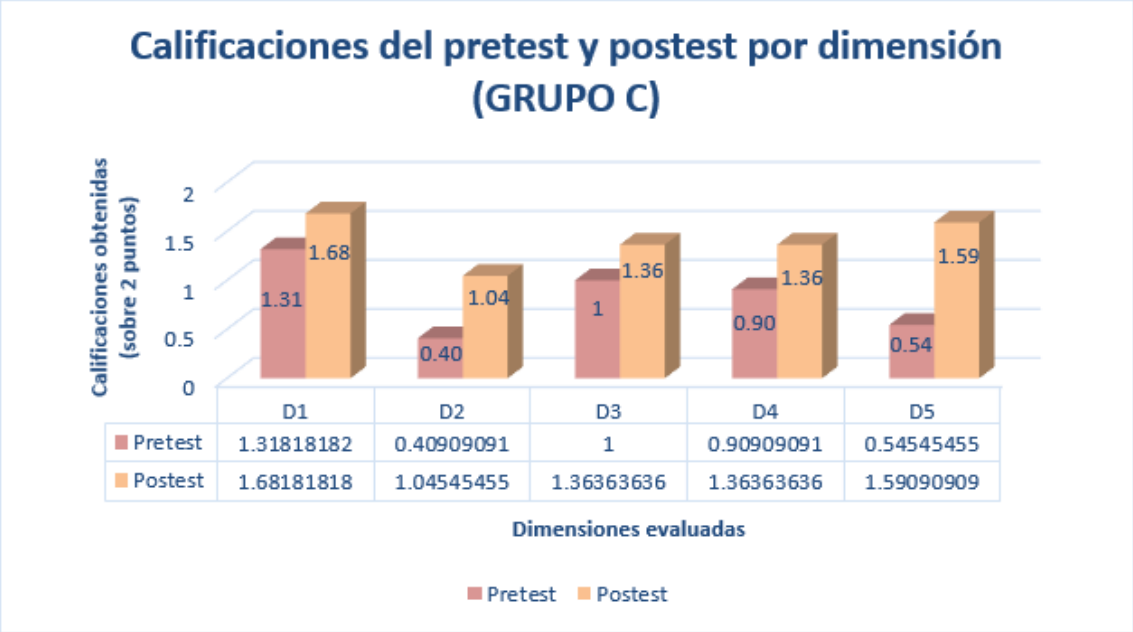
El cambio de 0,90/2 a 1,51/2 sugiere que el grupo logró describir con mayor precisión el modelo de “mar de electrones” y relacionarlo con propiedades. Este resultado es consistente con un aprendizaje donde la representación microscópica se utiliza para justificar fenómenos observables.

Grupo C

En el Grupo C, que partió con un desempeño global menor, el contraste por dimensiones permite identificar qué aspectos se fortalecieron como base para reducir brechas conceptuales. La mejora posterior a la intervención se alinea con el incremento del promedio general del nivel educativo, logrando el mayor crecimiento de todos posterior al uso del simulador, pudiendo ser un factor la menor cantidad de estudiantes que usaban el aula de cómputo al mismo tiempo, en la Ilustración 10 se puede ver ilustrado.

Ilustración 10

Resultados por dimensión del pretest y postest del grupo C



Electronegatividad

El paso de 1,31/2 a 1,68/2 sugiere un avance en el reconocimiento de la tendencia periódica y en la comprensión de la electronegatividad como criterio para comparar átomos. Este punto es determinante para sostener clasificaciones posteriores con base en evidencia.

Enlace covalente no polar

El cambio de 0,40/2 a 1,04/2 muestra que el grupo incrementó su capacidad para reconocer la compartición equitativa de electrones y diferenciarla de situaciones donde existe atracción desigual. Si persisten errores, suelen asociarse a clasificaciones automáticas por "tipo de elementos" sin aplicar el criterio de electronegatividad.

Enlace covalente polar

El incremento de 1,00/2 a 1,36/2 indica avances en el reconocimiento de polaridad y, en algunos casos, en la explicación apoyada en la distribución desigual de electrones. Esta dimensión suele concentrar dificultades porque exige integrar tendencia periódica, diferencia de electronegatividad e interpretación de representaciones electrónicas, por lo que el progreso observado se interpreta como señal de consolidación conceptual.

Enlace iónico

El cambio de 0,90/2 a 1,36/2 sugiere mayor comprensión de la transferencia electrónica y de su relación con diferencias altas de electronegatividad. Este resultado se vincula con el fortalecimiento de la clasificación, al permitir distinguir con mayor precisión entre enlace iónico y covalente polar.

Enlace metálico

El paso de 0,54/2 a 1,59/2 evidencia un progreso marcado en la descripción del modelo de electrones deslocalizados y su relación con propiedades. En grupos con menor punto de partida, esta dimensión conecta la representación submicroscópica con ejemplos de materiales y sus comportamientos, lo que es consistente con el tipo de mediación que permiten los simuladores.

El análisis por dimensiones evidencia que la intervención no solo incrementó promedios generales, sino que fortaleció criterios específicos utilizados para clasificar enlaces, especialmente los vinculados a electronegatividad y a la distinción entre compartición y transferencia electrónica. Las dimensiones relacionadas con enlace covalente polar se mantienen entre las de mayor demanda explicativa, dado que requieren justificar la polaridad mediante interpretación de evidencias y no únicamente identificar categorías.

En el contraste entre grupos, se observa que el progreso no se distribuye de manera uniforme en todas las dimensiones; en particular, el Grupo B presenta estabilidad con ligera disminución en enlace iónico, lo que sugiere la necesidad de reforzar el uso del criterio de diferencia alta de electronegatividad y la interpretación del proceso de transferencia. En conjunto, los cambios por dimensiones son consistentes con una mejora en las destrezas de observación y clasificación, al favorecer que los estudiantes interpreten representaciones electrónicas y utilicen criterios comparativos para sustentar la clasificación de enlaces.

Interpretación de los resultados en relación a la propuesta educativa

Los resultados obtenidos evidencian una mejora en la comprensión del enlace químico y en la participación activa de los estudiantes, con esto se puede interpretar las posibles causas. Una de las razones de estos resultados puede relacionarse con la implementación del modelo MAPIC, el cual, al iniciar con la fase de motivación, permite activar el interés del estudiante, condición favorable para el aprendizaje. Este aspecto resulta clave, ya que previamente se identificaba desinterés y dificultades en la comprensión de contenidos abstractos de la química.

En este estudio, la fase de apropiación ha permitido que los estudiantes no solo memoricen conceptos, sino que los comprendan y los integren en su estructura cognitiva. Para a posterior pasar a la praxis, los estudiantes teniendo conceptos básicos para afrontar las actividades propuestas y observar lo que sucede en las simulaciones, dando a posterior el espacio para reflexionar que es lo que se busca que aprendan.

Desde el punto de vista metodológico, los resultados también pueden explicarse por la coherencia entre el diseño aplicado y las técnicas utilizadas. El enfoque preexperimental permitió observar cambios en el proceso de aprendizaje tras la intervención didáctica, aunque sin establecer relaciones causales definitivas. No obstante, la aplicación de instrumentos como actividades prácticas, observación y evaluación formativa posibilitó recoger evidencias suficientes para interpretar tendencias en el aprendizaje.

Estos resultados tienen implicaciones relevantes para la enseñanza de la química. En primer lugar, se confirma que el uso de modelos didácticos activos como MAPIC contribuye a superar enfoques tradicionales centrados en la memorización, promoviendo un aprendizaje más contextualizado. En segundo lugar, se evidencia la importancia de integrar estrategias como

simuladores virtuales y actividades prácticas, ya que permiten abordar la representación de conceptos abstractos, lo cual reduce la dificultad conceptual del tema.

Por último, desde una perspectiva docente, los resultados sugieren la necesidad de replantear las prácticas pedagógicas con acompañamiento de recursos digitales hacia enfoques más reflexivos e innovadores, donde el estudiante sea protagonista de su aprendizaje. En este sentido, el modelo MAPIC no solo actúa como una estrategia didáctica, sino como una guía estructurada que permite al docente intervenir de manera intencionada en cada fase del proceso educativo, integrando herramientas digitales, así respondiendo de forma directa al problema identificado en la investigación.

Resultados de los grupos focales

Para la realización del grupo focal se realizó un protocolo de aplicación para la técnica, todo con el objetivo de que los resultados obtenidos posean una visión real de cada grupo el cual fue tratado a lo largo de las sesiones de trabajo, el protocolo y guía de preguntas (ver anexo 6):

Tabla 11

Resultados de los grupos focales post intervención

Categoría	Descripción
Perspectiva sobre el aprendizaje del enlace químico.	Los estudiantes declaran que se les hizo entretenida la forma de abordar el concepto del enlace químico mediante los simuladores, pero también declaran que la parte de movimiento al aula de computación fue un tanto caos. Destacan el valor visual e interactivo de las clases, así también cómo las actividades planteadas en las cuales se les guiaba a profundizar en el tema de enlace químico.

Dominio de los conceptos del enlace iónico, covalente y metálico.	Los estudiantes expresan que se les facilitó el entendimiento teórico de los distintos temas referentes a enlace químico, sienten que son capaces de poner en sus propias palabras la mayoría de lo tratado en clase y pueden identificar características de cada tipo de enlace. Y si destacan una diferencia en como antes eran sus habilidades al observar y clasificar enlaces, refiriéndose principalmente a una mejora en el entendimiento conceptual del tema tratado.
Participación de los estudiantes durante el proceso de aprendizaje.	Los estudiantes mencionan que les resultó mucho más interactivas y dinámicas las clases, incluso que al ya tener más claro los temas podían responder a las diferentes preguntas que los investigadores planteaban. Destacando que se sentían más motivados cuando daban inicio a las clases, generando interés en aprender sobre los temas que se abordaban en las horas de clases.
Percepción del uso de los simuladores virtuales.	Los participantes explican que los simuladores demostraron ser herramientas útiles para nutrir el aprendizaje de la química, indican que les gustaron las páginas socializadas y que algunos incluso revisaron aún más simuladores de otros temas.

Nota: Esta tabla muestra los resultados obtenidos de la aplicación de grupos focales posterior a la intervención con simuladores.

Regularidades de resultados

En el diagnóstico inicial, el cruce entre los puntajes del pretest, las apreciaciones de la docente y las primeras observaciones registradas en el diario de campo coincide en señalar dificultades marcadas para identificar correctamente el tipo de enlace, interpretar el sentido de la transferencia o compartición de electrones y justificar la clasificación iónica o covalente. Estas limitaciones se reflejan en respuestas incompletas o erróneas, en la percepción docente de que el estudiantado “se queda en la fórmula” sin comprender lo que ocurre a nivel submicroscópico y

en los testimonios de los grupos focales diagnósticos, varios estudiantes reconocen que “no ven” lo que pasa en el enlace, aunque hayan memorizado algunos conceptos. Esta convergencia es coherente con lo planteado por la literatura sobre las dificultades para articular los niveles macroscópico, submicroscópico y simbólico en química.

Tras la implementación de los simuladores virtuales basados en el modelo MAPIC, los puntos en común entre los resultados del postest, las hojas de trabajo, los registros de observación y los grupos focales post intervención muestran cambios consistentes. En el plano cuantitativo, se observa un incremento en los promedios del postest en las dimensiones vinculadas con la observación y la clasificación de enlaces, lo que indica una mejora en la identificación del tipo de enlace y en la justificación de dicha clasificación a partir de la diferencia de electronegatividad y del comportamiento de los electrones.

Estos avances se corroboran en las hojas de trabajo, donde se aprecia que un número creciente de estudiantes describe con mayor precisión la formación de iones, la compartición de pares electrónicos y la relación entre la representación simbólica y los modelos de partículas, así como en los registros del diario de campo, que evidencian explicaciones más elaboradas durante las discusiones en plenaria.

Por su parte, los grupos focales posteriores a la intervención complementan y matizan estos resultados al recoger la voz de los estudiantes sobre su experiencia de aprendizaje. De manera recurrente manifiesta que el uso de simuladores virtuales les permitió “ver” el movimiento de los electrones, contrastar distintos casos de enlaces y verificar de inmediato si su clasificación era coherente con lo observado, lo que contribuyó a disminuir la confusión inicial.

Además, señalan que la organización de las sesiones en momentos de exploración guiada, trabajo con hojas de actividades y socialización final favoreció la participación y el intercambio entre pares, lo cual coincide con las anotaciones del diario de campo respecto a un aumento progresivo de la intervención voluntaria y de las preguntas centradas en la comprensión del fenómeno, más que en la memorización de reglas.

En síntesis, la triangulación de las fuentes cuantitativas y cualitativas permite sostener que la mejora observada en las puntuaciones del postest no responde únicamente a la repetición de contenidos, sino a un cambio en la forma en que los estudiantes observan, clasifican y explican los enlaces químicos. La convergencia entre los datos del pretest y postest por dimensiones, las producciones en las hojas de trabajo, las percepciones recogidas en los grupos focales y la información generada por la entrevista y los diarios de campo fortalece la validez de las conclusiones de la investigación y respalda la pertinencia del uso de simuladores virtuales bajo el modelo MAPIC para enfrentar las dificultades iniciales detectadas en el aprendizaje del enlace químico.

Conclusiones

- En relación con el objetivo de fundamentar teóricamente el uso de simuladores virtuales en la enseñanza de los enlaces químicos, la revisión de la literatura permitió establecer que estos recursos didácticos son pertinentes para abordar las dificultades asociadas al carácter abstracto del contenido. También, se evidenció su coherencia con enfoques de aprendizaje experiencial y su compatibilidad estructural con el modelo didáctico MAPIC, lo que respalda su integración en propuestas educativas.

- Respecto al objetivo de diagnosticar el nivel inicial de desempeño del estudiantado, los resultados del pretest evidenciaron un dominio limitado en el contenido de enlaces químicos, con promedios inferiores a 6,0 en los tres grupos. Este hallazgo confirma que los estudiantes presentan dificultades para relacionar variables clave como electronegatividad, configuración electrónica y tipo de enlace, así como para interpretar su fuerza, lo cual justifica la necesidad de una intervención didáctica.
- En cuanto al objetivo de diseñar las fases de la intervención basada en el modelo MAPIC, se logró estructurar tres sesiones articuladas con el uso de simuladores virtuales y hojas de trabajo, alineadas con el currículo de química de segundo de bachillerato. La planificación integró las fases del modelo didáctico, evidenciando coherencia metodológica y viabilidad en función de la carga horaria disponible, posibilitando el uso de las herramientas de recolección de datos para analizar la información.
- En relación con el objetivo de aplicar la propuesta didáctica, la implementación fue viable en los tres grupos, con participación activa del estudiantado. Las evidencias recogidas en las hojas de trabajo y los comentarios finales indican que los simuladores facilitaron la observación de procesos y la comprensión conceptual, fortaleciendo el interés y la disposición hacia el aprendizaje de la química en la población estudiada.
- Finalmente, en función del objetivo de evaluar los efectos de la intervención, la comparación entre pretest y postest mostró incrementos significativos en los promedios, superando el valor de 7,0 en los tres grupos. Esto evidencia una mejora en el aprendizaje del contenido del enlace químico. No obstante, debido al carácter preexperimental del diseño y al tiempo limitado de intervención, los resultados deben interpretarse con

cautela, reconociendo que, aunque se evidencia un efecto favorable en el contexto estudiado, no es posible generalizar los hallazgos sin estudios adicionales con mayor control.

Recomendaciones

- Para la práctica docente, se recomienda incorporar simuladores virtuales en la enseñanza de contenidos abstractos de la química, sobre todo en aquellos que resultan difíciles representarlos gráficamente, como es el caso del enlace químico, integrando su uso con hojas de trabajo estructuradas que orienten la observación, el análisis y la reflexión. Esta integración debe alinearse explícitamente con la destreza curricular evaluada.
- En relación con la transferibilidad a otras instituciones, se sugiere adaptar la propuesta considerando variables contextuales como disponibilidad tecnológica, número de estudiantes por aula y tiempo efectivo de clase. En contextos con recursos limitados, pueden emplearse estrategias como trabajo colaborativo por estaciones o uso de dispositivos compartidos.
- Se recomienda desarrollar estudios posteriores que extiendan el tiempo de intervención, incorporen grupos de comparación y, cuando sea posible, integren análisis cualitativos (entrevistas, grupos focales, producciones de los estudiantes) para comprender con mayor detalle los efectos de la propuesta basadas en simuladores y en el modelo MAPIC sobre el desempeño en contenidos de Química.
- Por último, se recomienda utilizar MAPIC como referencia para organizar clases cortas y viables dentro de la carga horaria de Química, priorizando fases que favorezcan el

aprendizaje experiencial y el vínculo con el contexto del estudiantado, sin sobrecargar de actividades el tiempo disponible.

Referencias bibliográficas

Arias Gómez, J., Villasís Keever, M., y Miranda Novales, M. (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México*, 63(2), 201-206. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=486755023011

Ávila, D. (2024). Uso del simulador virtual PhET como herramienta para el aprendizaje a distancia de matemáticas. *Revista mexicana de bachillerato a distancia*, 16(31). https://revistas.unam.mx/index.php/rmbd/article/download/87903/77209?inline=1

Barahona Ibarra, A., Navas Martínez, L., Veas Iniesta, A., y Pozo Zapata, R. (2024). La competencia curricular y el rendimiento académico de química de estudiantes universitarios y de bachillerato. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 1965-1984. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12437

Basantes, C y Quishpi, E. (2023). *Aplicación del simulador Educa plus para el aprendizaje de Química a los estudiantes de primero BGU de la Unidad Educativa "Juan de Velasco"* [Trabajo de Titulación, Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador]. http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10860

Benito Viloria, C. (2021). *Enseñanza-aprendizaje del enlace químico en 2° de Bachillerato* [Tesis de maestría, Universidad de Valladolid, España]. https://uvadoc.uva.es/handle/10324/49789

Bonet García, J. (2024). *Concepciones alternativas de alumnos de educación secundaria sobre el enlace químico* [Trabajo fin de máster, especialidad Física y Química, MASTERPROF UMH]. https://dspace.umh.es/bitstream/11000/32731/1/TFM%20Bonet%20García%2C%20Javier.pdf

Burbano Pérez, E. y Torres, C. (2021). Modelo didáctico MAPIC para la enseñanza-aprendizaje de la química en educación media. *Revista Oratores*, (14), 38-54. https://doi.org/10.37594/oratores.n14.533

Cañar Tacuri, K. V. y León Quinchi, D. E. (2024). *Simulaciones PhET para el aprendizaje del concepto de molaridad en estudiantes de segundo BGU en la Unidad Educativa Juan Bautista Vásquez* [Trabajo de Integración Curricular, Universidad Nacional de Educación]. https://repositorio.unae.edu.ec/items/42c26b48-b46e-4268-9579-5d25d9971e7f

Carrión Paredes, F., García Herrera, D., Erazo, C., Erazo Álvarez, C. y Erazo Álvarez, J. (2020). Simuladores PhET como estrategia metodológica para el aprendizaje de Química. *Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología*, 6(3), 193-216. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8318343

Chaves, L. K. (2022). *Diseño de una unidad didáctica en la enseñanza de enlace químico mediante el uso de GABEDIT para licenciados en formación inicial de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional* [Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica Nacional]. http://hdl.handle.net/20.500.12209/17371

Chonillo Sislema, L., Heredia Gavin, D., Chayña Apaza, J., Ramos Pineda, Z. y Sánchez Solórzano, J. (2024). Dificultades en el aprendizaje de química en el bachillerato desde la opinión del alumnado y algunas alternativas para superarlas. *Revista Innova Educación*, 6(1), 71-88. https://doi.org/10.35622/j.rie.2024.01.005

Cordova, P. (2021). *ENLACE QUÍMICO Representación simbólica de Lewis.- Enlace Químico.- Enlace iónico.- Energía de las redes cristalinas.- Energía reticular.- Enlace Covalente.- Enlace Covalente Coordinado.- Teoría de Lewis-Lagmuir.- carga formal.- La regla del octeto.- excepciones.- Resonancia.- Geometría molecular.- Teoría del Enlace de Valencia.- Hibridación: sp, sp2, sp3.* [Trabajo de titulación, Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle, Lima, Perú]. https://repositorio.une.edu.pe/handle/20.500.14039/7258

Cox, F., González, D., Magreñán, Á., y Orcos, L. (2022). Enseñanza de estadística descriptiva mediante el uso de simuladores y laboratorios virtuales en la etapa universitaria. *Bordón: Revista de pedagogía*, 74(4), 103-123. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8714331

Delgado, N., Kiausowa, M. y Escobar, A. (2021). Simulador virtual PhET para aprender Química en época de COVID-19. *Dilemas contemporáneos: educación, política y valores*, 8(3), 1-23. https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i3.2641

Flores, M., Rudolph, C. y Maturano, C. (2023). Abordaje del enlace químico en libros de texto de Argentina. *Educación química*, 34(3), 132-142. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-893X2023000300132&script=sci_arttext

García Paredes, C., Ruiz Mora, F., Aldás Paredes, L. y Edmundo Gómez, R. (2024). Didáctica de la Química desde la Nueva Visión de la Ciencia. *Revista social Fronteriza*, 4(5), 8702-8715. https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4(5)448

Giler Medina, P. (2023). Competencias digitales y aprendizaje visual de la Química en estudiantes de Bachillerato. Revista de Ciencias Humanísticas y Sociales, 8(2), 75-88. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=673175363005

Góngora Zambrano, R. y Santana Giler, F. (2021). Fortalecimiento teórico-práctico de la enseñanza de la Química mediante la aplicación de simuladores virtuales a los estudiantes de 2do año de Bachillerato de la Unidad Educativa Técnico Uruguay de la ciudad de Portoviejo de la provincia de Manabí. *Revista Cognosis*, 6(2), 71–92. https://doi.org/10.33936/cognosis.v6i2.2922

González Vega, A., Molina Sánchez, R., López Salazar, A. y López Salazar, G. (2022). La entrevista cualitativa como técnica de investigación en el estudio de las organizaciones. *New Trends in Qualitative Research*, 14, 1-12. https://doi.org/10.36367/ntqr.14.2022.e571

Guzmán Zapa, R. y Arana Medina, C. (2025). Usabilidad de la Aplicación TIC "A la Materia" en la enseñanza química: un análisis en entornos rurales de Montería, Colombia. *Revista Latinoamericana de Calidad Educativa,* 2(2), 72-84. https://alumnieditora.com/index.php/ojs/es/article/view/164

Hamui Sutton, A, y Varela Ruiz, M. (2013). La técnica de grupos focales. *Investigación en educación médica,* 2(5), 55-60. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-50572013000100009&lng=es&tlng=es.

Hernández, H. y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill. http://www.biblioteca.cij.gob.mx/archivos/materiales_de_consulta/drogas_de_abuso/articulos/sampierilasrutas.pdf

Hernández, M., y Benítez, A. (2018). La enseñanza de las ciencias experimentales a partir del conocimiento pedagógico de contenido. *Innovación educativa,* 18(77), 141-163. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-26732018000200141&script=sci_abstract&tlng=pt http://orcid.org/0000-0001-5614-1994 http://scielo.sld.cu/pdf/sc/v18n1/2306-2495-sc-18-01-247.pdf https://doi.org/10.32870/zcr.v6i11.131

Hunter, K., Rodriguez, J. y Becker, N (2022). A Review of Research on the Teaching and Learning of Chemical Bonding. Journal of chemical education, 99(7), 1-14. https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.2c00034

Intriago Terán, A., Zavala Baque, D., Morán Lozano, N. y Guerrero Alcívar, H. (2025). Simuladores y laboratorios virtuales en la enseñanza de conceptos químicos completos. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, 18(1), 247-264.

Lemos Lloreda, N. y Mosquera Moreno, A. (2021). *Simulador Virtual Phet Como Herramienta de Enseñanza aprendizaje Para el Fortalecimiento de las Competencias en el Área de Ciencias Naturales en la Educación Básica Secundaria.* [Trabajo de grado para optar al título de Magister en Tecnologías Digitales Aplicadas a la Educación, Universidad de Santander UDES]. https://repositorio.udes.edu.co/handle/001/7238

Luna, G., Nava, A., y Martínez, D. (2022). El diario de campo como herramienta formativa durante el proceso de aprendizaje en el diseño de información. *Zincografía*, 6(11), 245-264.

Maldonado, J. (2018). Metodología de la investigación social: Paradigmas: Cuantitativo, sociocrítico, cualitativo, complementario. https://bibliotecadigital.utn.edu.ec/download/files/original/4a628dda9f88cd8eaf3644ed189b0651ff69db4c.pdf

Marcano Godoy, K. y Cedeño Hernández, M. (2020). Uso de las TIC en los procesos de enseñanza y aprendizaje del contenido “Enlace Químico y sus Propiedades”, centrado en habilidades cognitivas en estudiantes de educación media chilena. *Revista Educación Las Américas*, 9, 19-35. https://doi.org/10.35811/rea.v9i0.61

Medina Doria, M. (2023). *Diseño de un proyecto de aula que contribuya al desarrollo de estrategias didácticas para la enseñanza del enlace químico en estudiantes de décimo grado* [Trabajo final de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/84037

Mullo Gualán, J. (2023). *Simulaciones digitales para facilitar la comprensión docente en análisis estadístico implicativo y el learning analytics* [Trabajo final de Maestría, Pontificia Universidad Católica del Ecuador].https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/8eea7acb-376b-4cff-ab0d-2164c3c173e3/content

Pacheco Aguilar, A., Lorduy Flórez, D. y Páez García, J. (2021). Criterios de una secuencia didáctica utilizando simuladores PhET asociados a experiencias de laboratorio para la enseñanza de la química. *Tecné Episteme y Didaxis*, 727-733. https://revistas.upn.edu.co/index.php/TED/article/view/15181

Quijano Cedeño, A. y Navarrete Pita, Y. (2021). La enseñanza de la química: necesidad de un fortalecimiento y comprensión en estudiantes de bachillerato. *Revista Oratores*, 15, 13-23. https://doi.org/10.37594/oratores.n15.603

Ramos Galarza, C. (2021). Editorial: Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica*, 10(1), 1-7.

Rekalde, I., Vizcarra, M. y Macazaga, A. (2014). La Observación Como Estrategia De Investigación Para Construir Contextos De Aprendizaje Y Fomentar Procesos Participativos. *Educación XX1*, 17(1), 201-220. https://www.redalyc.org/pdf/706/70629509009.pdf

Revelo Araujo, B., Serrano Segura, G., Mero Zamora, K. y Plúas Muños, A. (2023). Simuladores virtuales como recursos didácticos en el aprendizaje para Bachillerato. *Revista Científica*, 4(1). https://revista.gnerando.org/revista/index.php/RCMG/article/view/105

Rosero Mellizo, L., Rivera Toro, K. y Guerrero Julio, M. (2022). SIMULACIONES EN PHET COMO ESTRATEGIA EN TIEMPOS DE COVID-19 PARA GENERAR APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO AL POTENCIAR LA COMPETENCIA EXPLICACIÓN DE FENÓMENOS. *Panorama*, 16(30), 224-142. https://doi.org/10.15765/pnrm.v16i30.3135

Sagñay Colcha, D. (2022). *Los simuladores virtuales para el aprendizaje de Química General con los estudiantes de segundo semestre de la carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales Química y Biología en el periodo mayo-octubre 2021* [Trabajo de pregrado para obtener el título de Licenciado en Ciencias de la Educación, Universidad Nacional de Chimborazo]. http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/8654

Serna Romaña, N. (2020). *Enseñanza y aprendizaje del concepto de enlace químico en estudiantes de básica secundaria rural* [Trabajo final de maestría, Universidad de Colombia]. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/79012

Serrano Pérez, J. (2018). Aprender física y química "jugando" con laboratorios virtuales. *Anales de la química*, 114 (1), 40-41. https://analesdequimica.es/index.php/AnalesQuimica/article/view/1021

Torres Gómez, C. (2018). Modelo didáctico para la enseñanza-aprendizaje de la física mecánica en un curso universitario [Trabajo para optar el grado de Doctos en Ciencias de la Educación, Universidad Metropolitana de Educación, Ciencia y Tecnología]. https://repositorio.umecit.edu.pa/server/api/core/bitstreams/7d93f778-2ded-4688-a13e-74d6b8157bed/content

Trujillo Yaipén, W., Curo Maquén, L., Paredes López, L. Carbajal Cornejo, K. (2023). Eficiencia de los simuladores virtuales en la competencia de indagación para el aprendizaje de física elemental. *Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 25 (2), 459-476. www.doi.org/10.36390/telos252.15

Vásquez Muñoz, D., Gutiérrez Talavera, A., Zamora Rivera, F., Triminio Zavala, C. y Herrera Castrillo, C. (2025). Laboratorio Experimental para el uso de simuladores en el aprendizaje del

electromagnetismo. *Revista Científica Tecnológica*, 8(3), 6-22.

https://revistas.unan.edu.ni/index.php/ReVTec/es/article/view/5164

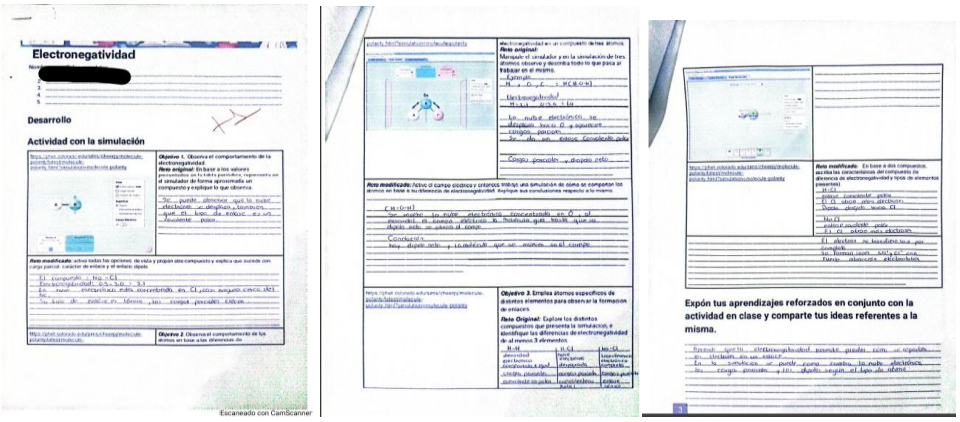
Williams Pinto, S, y González García, F. (2020). Enlace químico: representaciones en Textos Escolares Chilenos. *Educación química*, 31(4), 122-130.

https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2020.4.70850

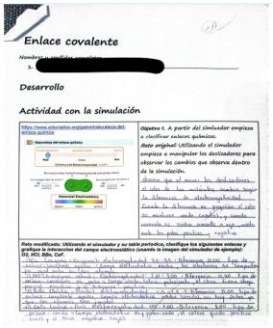
Anexos

Anexo 1. Ejemplo de hojas de trabajo utilizadas para la primera dimensión:

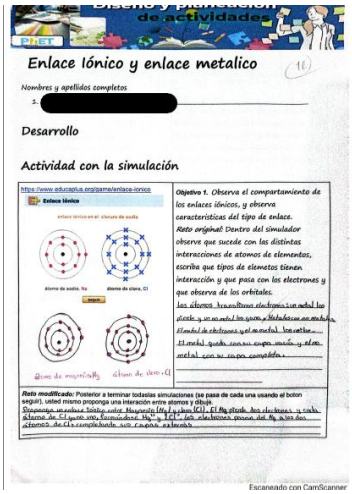
Enlace de descarga: Hojas de trabajo para Enlace Químico



Anexo 2. Ejemplo de hojas de trabajo utilizadas para la segunda y tercera dimensión:
Enlace de descarga: Hojas de trabajo para Enlace Químico

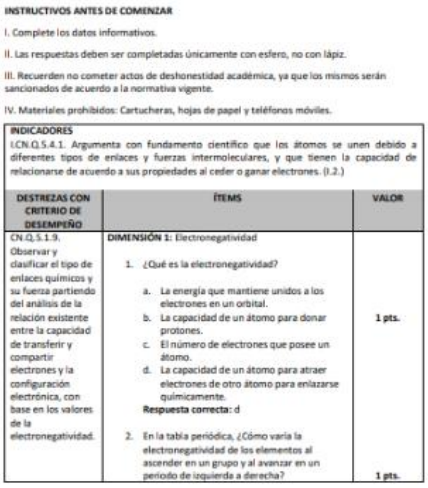


Anexo 3. Ejemplo de hojas de trabajo utilizadas para la cuarta y quinta dimensión:
Enlace de descarga: Hojas de trabajo para Enlace Químico



Anexo 4. Pretest y Postest

Enlace de descarga: Descargable de Pretest y postest



INSTRUCTIVOS ANTES DE COMENZAR

I. Complete los datos informativos.

II. Las respuestas deben ser completadas únicamente con esfero, no con lápiz.

III. Recuerden no cometer actos de deshonestidad académica, ya que los mismos serán sancionados de acuerdo a la normativa vigente.

IV. Materiales prohibidos: Cartucheras, hojas de papel y teléfonos móviles.

INDICADORES

I.CN.Q.5.4.1. Argumenta con fundamento científico que los átomos se unen debido a diferentes tipos de enlaces y fuerzas intermoleculares, y que tienen la capacidad de relacionarse de acuerdo a sus propiedades al ceder o ganar electrones. (I.2.)

DESTREZAS CON CRITERIO DE DESEMPEÑO	ÍTEMS	VALOR
CN.Q.5.1.9. Observar y clasificar el tipo de enlaces químicos y su fuerza partiendo del análisis de la relación existente entre la capacidad de transferir y compartir electrones y la configuración electrónica, con base en los valores de la electronegatividad.	**DIMENSIÓN 1:** Electronegatividad 1. ¿Qué es la electronegatividad? a. La energía que mantiene unidos a los electrones en un orbital. b. La capacidad de un átomo para donar protones. c. El número de electrones que posee un átomo. d. La capacidad de un átomo para atraer electrones de otro átomo para enlazarse químicamente. **Respuesta correcta:** d	**1 pts.**
	2. En la tabla periódica, ¿Cómo varía la electronegatividad de los elementos al ascender en un grupo y al avanzar en un periodo de izquierda a derecha?	**1 pts.**

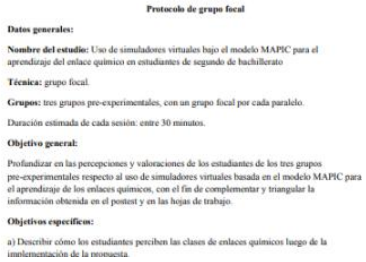
Anexo 5. Diseño de los diarios de campo utilizados

Carrera:	Educación en Ciencias Experimentales			
Ciclo académico	IIS2025			
Institución Educativa:			**Lugar:**	Cuenca
Subnivel/Nivel:	Bachillerato			
Pareja pedagógica:	Luis Barahona - Carolina Pacheco			
Nivel:	Segundo de Bachillerato	**Paralelo:**		
Hora de inicio:	**Hora final:**	**Fecha:**		**N° practica:**
Tutor UNAE:		**Tutor profesional:**		

¿Qué procesos de enseñanza-aprendizaje se desarrollaron?:	
Actividades desarrolladas por el tutor profesional	**Metodología**
Inicio:	**Métodos:**
Desarrollo:	**Recursos:**
Cierre:	**Estrategias:**
¿Qué actividades desarrolló dentro del aula la pareja pedagógica practicante?	

Anexo 6. Protocolo y guía de preguntas para grupos focales

Link de descarga:Protocolo y guía de preguntas para grupos focale



Protocolo de grupo focal

Datos generales:

Nombre del estudio: Uso de simuladores virtuales bajo el modelo MAPIC para el aprendizaje del enlace químico en estudiantes de segundo de bachillerato

Técnica: grupo focal.

Grupos: tres grupos pre-experimentales, con un grupo focal por cada paralelo.

Duración estimada de cada sesión: entre 30 minutos.

Objetivo general:

Profundizar en las percepciones y valoraciones de los estudiantes de los tres grupos pre-experimentales respecto al uso de simuladores virtuales basada en el modelo MAPIC para el aprendizaje de los enlaces químicos, con el fin de complementar y triangular la información obtenida en el postest y en las hojas de trabajo.

Objetivos específicos:

a) Describir cómo los estudiantes perciben las clases de enlaces químicos luego de la implementación de la propuesta.

Anexo 7. Diseño base de las hojas de trabajo

