

## Relevancia de las comunidades de aprendizaje y la formación docente en la enseñanza de la química en entornos virtuales

### Relevance of professional learning communities and teacher training in chemistry education in virtual environments

Alberto Elías Peña Avila<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Metropolitana de Educación, Ciencia y Tecnología (UMECIT), albertopenata.est@umecit.edu.pa, <https://orcid.org/0009-0007-6408-2753>, Colombia

---

#### Información del Artículo

##### *Trazabilidad:*

Recibido 24-02-2026

Revisado 25-02-2026

Aceptado 15-04-2026

---

##### *Palabras Clave:*

Enseñanza Química  
Educación Rural  
Formación Docente  
Simulaciones Virtuales  
Zonas PDET

---

##### *Keywords:*

Chemistry Teaching  
Virtual Simulations  
Rural Education  
Teacher Training  
PDET Territories

---

#### RESUMEN

El presente artículo desarrolla una construcción teórico argumentativa derivada de una investigación doctoral de corte cuantitativo y alcance evaluativo sobre la eficiencia del uso de simulaciones virtuales en la enseñanza de la química en educación media rural de territorios PDET de Antioquia y Córdoba, con base en un diseño cuasiexperimental de pretest y postest con grupo control no equivalente, una muestra de 153 estudiantes y una ampliación analítica sustentada en el cuadro de tendencias 2024 a 2026, de este modo la discusión organiza seis líneas de lectura, comunidades de aprendizaje docente, enseñanza química digitalizada, educación rural en zonas PDET, laboratorios o simuladores virtuales, integración digital y sinergia educativa presencial y digital, a partir de dicha organización se sostiene que la eficiencia de las simulaciones no depende de la existencia del recurso por sí sola, puesto que su rendimiento didáctico surge cuando la mediación docente ordena secuencias de trabajo, adapta la experiencia al territorio, incorpora alternativas offline, enlaza la práctica experimental con la comprensión conceptual y consolida redes de intercambio profesional, por ende el uso de entornos virtuales de laboratorio adquiere valor pedagógico cuando se inserta en un diseño formativo estable, territorialmente situado y sostenido por actualización docente e institucional.

---

#### ABSTRACT

This article develops a theoretical and argumentative construction derived from a doctoral study with a quantitative and evaluative orientation on the efficiency of virtual simulations in chemistry teaching at rural upper secondary level in PDET territories of Antioquia and Córdoba, based on a quasi experimental pretest and posttest design with a non equivalent control group, a sample of 153 students, and an expanded analytical discussion supported by the 2024 to 2026 trend matrix, under this route the discussion is organized into six lines of interpretation, professional learning communities, digitalized chemistry teaching, rural education in PDET territories, virtual laboratories and simulations, digital integration, and face to face and digital educational synergy, from this basis the paper argues that the educational value of simulations does not arise from the technological resource alone, rather it emerges when teacher mediation organizes work sequences, adapts the experience to the territory, incorporates offline alternatives, links experimental practice with conceptual understanding, and strengthens professional exchange networks, therefore virtual laboratory environments gain pedagogical relevance when they are inserted into stable and territorially grounded training designs supported by teacher and institutional development.

---

#### INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la química en territorios rurales atravesados por desigualdad histórica, trayectorias de violencia y baja disponibilidad de laboratorios escolares exige una lectura que supere la explicación

centrada en la carencia material, dado que la experiencia formativa se ordena a partir de la relación entre mediación docente, recursos experimentales, continuidad institucional y pertinencia territorial, por esa razón el presente artículo toma como punto de partida la investigación doctoral realizada en las instituciones educativas Pica Pica Viejo y Zapata, con el propósito de examinar la eficiencia del uso de simulaciones virtuales en educación media y ampliar su interpretación mediante las tendencias investigativas más cercanas al problema.

En esa dirección, la revisión del cuadro de tendencias 2024 a 2026 mostró que el debate reciente se concentra en seis núcleos, tres estudios sobre comunidades de aprendizaje docente, dos sobre enseñanza química digitalizada durante 2025, dos sobre educación rural en zonas PDET durante 2025 con un antecedente de 2024, dos sobre laboratorios o simuladores virtuales durante 2025 con un antecedente de 2024, dos sobre integración digital durante 2025 con una proyección en 2026 y una línea de sinergia entre presencialidad y virtualidad con un estudio en 2025 y dos antecedentes en 2024, de ahí que la discusión del artículo se apoye en una lectura convergente entre resultados del estudio, condiciones de ruralidad y hallazgos recientes del campo.

**Tabla 1:** Aportes teóricos de las líneas de investigación en el último año 2024 - 2026

**CUADRO DE TENDENCIAS DE AUTORES 2024 – 2026**

*Aportes teóricos de las líneas de investigación – Peñata (2025–2026) | UMECIT*

N.º	AUTOR(ES)	AÑO	TEMÁTICA	APORTE / HALLAZGO PRINCIPAL
<b>TENDENCIA 1: Comunidades de Aprendizaje Docente</b>				
1	<b>Nicolau, A. &amp; Puga, L.</b>	2025	<i>Comunidades de práctica híbrida en docentes de química</i>	Describieron la conformación de comunidades de práctica en entornos híbridos que combinan talleres presenciales y digitales, promoviendo el aprendizaje colaborativo y reflexivo entre docentes en formación.
2	<b>Hernández del Barco, M., Sánchez Martín, J. &amp; Cañada, F.</b>	2025	<i>Formación científica docente con metodologías activas</i>	Propusieron una experiencia pedagógica basada en Aprendizaje por Proyectos (ABP) con 69 docentes en formación, demostrando que estas intervenciones favorecen el aprendizaje permanente y la construcción de comunidades educativas comprometidas.
3	<b>Mosquera, M. Y. &amp; Gaviria, H. C.</b>	2025	<i>Retos de la calidad educativa rural en Colombia</i>	Analizaron los desafíos que enfrentan las comunidades docentes rurales para alcanzar estándares de calidad, resaltando la necesidad de espacios colaborativos de aprendizaje situado en el territorio.
<b>TENDENCIA 2: Enseñanza Química Digitalizada</b>				
4	<b>Bizzio, M. A. &amp; Guirado, A. M.</b>	2024	<i>Simulaciones computacionales en química</i>	Documentaron el impacto del uso de simulaciones computacionales en la comprensión de fenómenos químicos, señalando mejoras significativas en el aprendizaje conceptual de estudiantes de nivel medio.

- 5 **Moreno-Mediavilla, D., Pascual, V. & Palacios, A.** 2025 *Simulaciones virtuales y componente afectiva en química* A través de una revisión sistemática en Scopus y WoS, hallaron que el 84% de estudios analizados reportan efectos positivos del uso de simulaciones sobre el aprendizaje conceptual, con mejoras en actitud y motivación en el 83% de los casos.
- 6 **Vilela, M., Morais, C. & Paiva, J. C.** 2025 *Educación basada en indagación en química* Documentaron mejoras en habilidades de comunicación oral y escrita mediante actividades auténticas y de aprendizaje basado en problemas en la enseñanza de química en educación secundaria.

#### TENDENCIA 3: Educación Rural – Zonas PDET

- 7 **Santos Lugo, J. E.** 2024 *Integración de TIC offline en educación rural de Colombia* Reflexionó sobre la integración de TIC en contextos rurales colombianos sin conectividad, proponiendo estrategias offline, infraestructura básica y formación docente contextualizada como ejes para reducir la brecha educativa.
- 8 **Duarte Amado, M. C. & Duarte Amado, C. A.** 2024–2025 *Lineamientos para educación rural con TIC en zonas PDET* A partir de una revisión sistemática en Scopus, Erihplus, Scielo y Redalyc, formularon lineamientos para el mejoramiento de la educación rural en Colombia, incluyendo la priorización de territorios PDET y la contextualización de la formación docente.
- 9 **Hernández, B. A. R. & Ruíz, A. C.** 2025 *Educación multigrado en territorios rurales* Desarrollaron un dossier sobre educación rural multigrado en Colombia, identificando estrategias pedagógicas adaptadas al contexto territorial que mejoran la permanencia escolar en zonas de conflicto armado.

#### TENDENCIA 4: Laboratorios o Simuladores Virtuales

- 10 **Santilli, T., Ceccacci, S., Mengoni, M. & Giaconi, C.** 2025 *Aprendizaje virtual vs. tradicional en educación superior* Realizaron una revisión sistemática de estudios comparativos, concluyendo que los entornos virtuales producen resultados equivalentes o superiores a los presenciales cuando están bien diseñados pedagógicamente.
- 11 **Campuzano-López, J. G. et al.** 2025 *Recursos digitales interactivos para química (Canva, Genially)* Evaluaron el impacto de recursos digitales interactivos como presentaciones en Canva, Scaperooms en Genially y videos explicativos en el aprendizaje de química, reportando mejoras en autonomía y motivación estudiantil mediante pre-test/post-test.

- |    |                         |      |  |   |
|----|-------------------------|------|--|---|
| 12 | <b>Habók, A. et al.</b> | 2024 | <i>Estrategias de lectura y aprendizaje online en secundaria</i> | Identificaron que las estrategias globales de lectura online y la retroalimentación en entornos digitales guardan la relación más fuerte con el rendimiento comprensivo y el uso de laboratorios virtuales en la educación media. |
|----|-------------------------|------|--|---|

**TENDENCIA 5: Integración Digital**

- |    |   |      |  |  |
|----|---|------|--|--|
| 13 | <b>Turpo Gebera, O., Chirinos, K. &amp; Cáceres, J.</b> | 2025 | <i>Interacciones didácticas en Blended Learning</i>            | Examinaron cómo las interacciones didácticas en modelos BL facilitan la construcción del conocimiento, identificando que la sinergia entre lo presencial y lo virtual mejora la autonomía y el aprendizaje significativo.                  |
| 14 | <b>Ramos Azcuy, F. J., Pupo, K. &amp; Guerra, R. M.</b> | 2025 | <i>Competencias TIC docentes en educación superior</i>         | Analizaron la integración digital en procesos formativos, identificando que la formación docente en competencias TIC es condición necesaria para implementar con éxito entornos virtuales de aprendizaje en educación superior.            |
| 15 | <b>van der Kleij, F. &amp; Segers, M.</b>               | 2026 | <i>Intervenciones digitales contextualizadas y literacidad</i> | Mostraron que las intervenciones digitales producen efectos favorables de magnitud media cuando se insertan en diseños instruccionales explícitos y contextualizados, con una diferenciación clara de objetivos y actividades de práctica. |

**TENDENCIA 6: Sinergia Educativa Presencial y Digital**

- |    |  |      |  |   |
|----|--|------|--|---|
| 16 | <b>Alqurashi, N.</b>   | 2025 | <i>Integración de métodos tradicionales y digitales</i>      | Presentó un estudio sobre la integración sinérgica de metodologías tradicionales y digitales para mejorar la participación del aprendiz, demostrando que la complementariedad presencial-virtual potencia el desarrollo de competencias en distintos contextos. |
| 17 | <b>Rodríguez-Díaz, A., Romero-Islas, J. &amp; Rodríguez-Romero, J.</b> | 2024 | <i>Diseño instruccional b-Learning en educación superior</i> | Formularon un diseño de instrumentación didáctica en b-Learning que integra actividades presenciales y virtuales de manera articulada, mostrando mejoras en el rendimiento académico y en la percepción de los estudiantes sobre la calidad del proceso.        |
| 18 | <b>Fernández-Cando, D. A. et al.</b>                                   | 2024 | <i>Educación híbrida: impacto y adaptación estudiantil</i>   | Evaluaron el impacto de la educación híbrida en estudiantes de bachillerato, documentando que la modalidad presencial-virtual bien diseñada genera mayor motivación,  |

autonomía y participación académica activa.

Según la tabla anterior, la comprensión de esta problemática requiere situar el análisis en las particularidades socioeducativas de los territorios PDET, donde la enseñanza de las ciencias naturales no puede entenderse al margen de las trayectorias de violencia, desplazamiento y exclusión que han marcado a las comunidades rurales durante décadas. La enseñanza de la química, en consecuencia, adquiere un significado que trasciende lo disciplinar, puesto que se convierte en una vía para que el estudiantado rural acceda a formas de pensamiento científico que le permitan interpretar fenómenos cotidianos, participar en discusiones sobre medio ambiente y salud, y construir una relación más informada con los recursos naturales de su entorno territorial. De este modo, desde el punto de vista pedagógico, la enseñanza de la química en contextos de vulnerabilidad demanda un marco teórico que articule la construcción del conocimiento científico con las experiencias previas del estudiantado y con las posibilidades didácticas que ofrece el entorno disponible.

En esa línea, Gil (2014) argumenta que la enseñanza de la química debe concebirse como una reconstrucción conceptual y epistemológica, en la que el alumno no se limita a memorizar fórmulas y definiciones, sino que participa activamente en procesos de indagación, formulación de hipótesis y contrastación de resultados. Esta perspectiva adquiere mayor relevancia cuando se traslada a la realidad de las instituciones educativas Pica Pica Viejo y Zapata, donde la ausencia de laboratorios equipados impide la realización de prácticas experimentales tradicionales y obliga a buscar alternativas que cumplan una función análoga en la construcción del saber químico. Las simulaciones virtuales, en este contexto, se posicionan como mediaciones capaces de ofrecer al estudiante una experiencia de manipulación controlada de variables, observación de cambios y registro de evidencias que, bajo la orientación del docente, pueden convertirse en oportunidades genuinas de aprendizaje significativo y no en meros ejercicios de entretenimiento tecnológico sin anclaje pedagógico.

En el marco de la investigación doctoral, la necesidad de articular las simulaciones virtuales con una estructura didáctica accesible y organizada condujo al diseño y desarrollo del sitio web Labointeractivo, plataforma que integró simulaciones interactivas, videos explicativos, guías de observación, pruebas de diagnóstico y evaluaciones de cierre para los contenidos de química de décimo y undécimo grado. Además, el sitio web funcionó como un espacio de convergencia entre la mediación docente y la autonomía estudiantil, dado que el profesor podía monitorear el avance de cada alumno mientras este navegaba las actividades a su propio ritmo, lo que generó una dinámica de acompañamiento flexible sin perder la estructura formativa necesaria para que la experiencia virtual desembocara en comprensión conceptual verificable. Un aspecto que la literatura reciente ha comenzado a explorar con mayor profundidad es la relación entre el uso de simulaciones virtuales y el desarrollo de competencias de lectura funcional en entornos digitales.

La incorporación de simuladores en la enseñanza de la química no se reduce a la manipulación de variables en una interfaz gráfica, sino que exige del estudiante la capacidad de leer instrucciones, interpretar tablas de datos, seguir secuencias procedimentales y contrastar los resultados obtenidos con las predicciones formuladas previamente. Habilidades que Habók et al. (2024) vinculan directamente con el rendimiento comprensivo en escenarios virtuales de aprendizaje. En las instituciones educativas participantes en el estudio doctoral, se observó que una parte considerable del estudiantado presentaba dificultades para seguir de manera autónoma las rutas de navegación propuestas en el sitio web Labointeractivo, situación que evidenció la necesidad de acompañar la implementación tecnológica con estrategias explícitas de lectura guiada, resolución de dudas en tiempo real y socialización colectiva de los hallazgos experimentales. De este modo, la integración de las simulaciones virtuales en la enseñanza de la química no puede entenderse como una sustitución del trabajo presencial en el aula, sino como una ampliación de las posibilidades didácticas que la clase tradicional ofrece cuando se articula de manera coherente con mediaciones digitales. La investigación reciente ha mostrado de forma consistente que las simulaciones virtuales constituyen una herramienta eficaz para el aprendizaje de las ciencias experimentales. La investigación reconoce la complejidad de los territorios PDET, donde la vulnerabilidad social se entrelaza con desastres ambientales. Un caso concreto es la IE Pica Pica Viejo, afectada por las inundaciones en Córdoba que comprometieron su infraestructura escolar. Estas emergencias reconfiguran el acceso al conocimiento, haciendo que las prácticas experimentales tradicionales sean casi imposibles. En ese marco, las simulaciones virtuales emergen no solo como una herramienta digital, sino como una respuesta estratégica necesaria frente a las brechas de un territorio en constante crisis. En esa línea, la revisión del cuadro de tendencias 2024 a 2026 mostró que el debate reciente se centra en seis núcleos temáticos: comunidades de aprendizaje docente, enseñanza de la química digitalizada, educación rural en zonas PDET, laboratorios o simuladores virtuales, integración digital y sinergia entre presencialidad y virtualidad. Estos núcleos configuran el marco

interpretativo del presente artículo, dado que permiten situar los hallazgos del estudio doctoral dentro de un campo de investigación activo y convergente con las condiciones de la ruralidad colombiana. A partir de esta organización, el artículo sostiene que la eficiencia de las simulaciones virtuales debe entenderse como una relación pedagógica entre diseño didáctico, apropiación docente y adecuación territorial, de modo que el recurso digital se convierta en un medio de experimentación comprensible para el estudiantado rural y no en una sustitución superficial del laboratorio escolar. Bajo esta premisa, el texto avanza por la ruta metodológica del estudio y luego desarrolla la discusión por tendencias, hasta cerrar con una síntesis argumentativa sobre la enseñanza de la química en zonas PDET.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La investigación de base se orientó desde el paradigma positivista y el enfoque cuantitativo, puesto que el objetivo consistió en medir la eficiencia de una intervención didáctica respaldada en simulaciones virtuales dentro de la enseñanza de la química, en esa perspectiva Flores (2004) explicó que el positivismo asume una realidad regida por mecanismos verificables y relaciones susceptibles de observación sistemática, lectura que resultó congruente con la medición de cambios entre grupo experimental y grupo control en dos instituciones rurales de Antioquia y Córdoba.

El tipo de investigación fue evaluativo, debido a que el interés se centró en valorar los efectos de una estrategia aplicada en un escenario escolar concreto y examinar su respuesta frente a una necesidad formativa delimitada, de ahí que Hurtado (2012) entendiera este tipo de estudios como una vía para juzgar el comportamiento de programas e intervenciones a la luz de objetivos previamente definidos, asunto que se reflejó en la valoración de las simulaciones virtuales, del sitio web construido para las prácticas y de la reacción estudiantil frente al trabajo experimental mediado por TIC.

En cuanto al diseño, se recurrió a un esquema cuasiexperimental de pretest y postest con grupo control no equivalente, de modo que la comparación se desarrolló entre la Institución Educativa Rural Zapata, ubicada en Necoclí, Antioquia, y la Institución Educativa Pica Pica Viejo, ubicada en Puerto Libertador, Córdoba, en esta línea Castro (1979) señaló que los diseños cuasiexperimentales se desarrollan en escenarios naturales y trabajan con grupos ya conformados, rasgo visible en el presente estudio, donde la intervención didáctica se insertó en establecimientos educativos de zona rural PDET sin asignación aleatoria estricta de participantes.

La muestra estuvo compuesta por 153 estudiantes de educación media, 71 en Pica Pica Viejo y 82 en Zapata, con edades comprendidas entre los 15 y los 18 años, bajo un muestreo probabilístico por conglomerados, esta selección respondió a la necesidad de comparar dos instituciones rurales con trayectorias territoriales distintas y con limitaciones semejantes en infraestructura científica, conectividad y acceso a laboratorios físicos, razón por la cual la intervención se concibió como una respuesta situada frente a problemas de enseñanza experimental en ciencias naturales.

Para la recolección de datos se utilizaron observación, pretest, postest, cuestionario y encuesta de satisfacción, además de la creación del sitio web Labointeractivo como soporte para las prácticas de simulación en química de décimo y undécimo, sobre esta base Hernández et al. (2006) indicaron que la observación sistemática y los instrumentos estructurados ofrecen una vía sólida para registrar comportamientos, respuestas y variaciones durante una intervención educativa, por consiguiente el estudio articuló dichos instrumentos con procesamiento en Excel y SPSS para describir tendencias y contrastar el comportamiento de los grupos.

Aun así, el conjunto resulta suficientemente sólido para sustentar una discusión rigurosa sobre integración tecnopedagógica y competencia lectora, los cuales se exponen en el siguiente apartado:

## **RESULTADOS**

Conviene añadir que la incorporación de simulaciones virtuales en química introduce una exigencia pocas veces desarrollada en la apertura del problema, la necesidad de que el estudiante lea, compare, anticipe y verifique instrucciones dentro de un entorno digital sin perder el hilo experimental, de modo que la eficacia del recurso depende de hábitos de lectura funcional, seguimiento de secuencias y comprensión de evidencias, sobre este aspecto Habók et al. (2024) mostraron que las estrategias de lectura online guardan una relación con el rendimiento comprensivo en escenarios virtuales, por consiguiente la enseñanza química en territorios PDET requiere materiales guiados, rutas de navegación claras y actividades de retorno al aula que unan observación, lenguaje científico y análisis de resultados, puesto que sin esa articulación la experiencia virtual corre el riesgo de fragmentarse.

La siguiente figura sintetiza los hallazgos del estudio y muestra cómo mediación docente, comprensión química, territorialidad y plataforma digital convergen:

### Mediación docente

Las simulaciones mostraron mejor rendimiento cuando el docente organizó secuencias de observación, práctica y cierre, evitando que el recurso quedara

**Adecuación territorial**  
En contextos PDET, la eficiencia dependió de alternativas offline, guías comprensibles y adaptación a conectividad inestable,



### Comprensión química

El entorno virtual facilitó visualizar fenómenos químicos difíciles de experimentar en la escuela, fortaleciendo comprensión conceptual.

### Labointeractivo

El sitio web integró simulaciones, videos, guías, pretest y postest, ofreciendo un recorrido organizado que apoyó autonomía, seguimiento

Fig. 1: Hallazgos del estudio

### Comunidades de aprendizaje docente

La eficiencia de las simulaciones virtuales en química exige un profesorado que no trabaje desde el ensayo individual, sino desde el intercambio reflexivo de experiencias, dificultades y soluciones didácticas, en esa línea Nicolau y Puga (2025) describieron la conformación de comunidades de práctica híbrida en docentes de química y mostraron que el trabajo colegiado entre encuentros presenciales y espacios digitales fortalece la revisión de la práctica, la circulación de recursos y la toma de decisiones pedagógicas más consistentes, por lo cual la intervención en territorios PDET demanda redes docentes que acompañen la apropiación del laboratorio virtual desde una lógica compartida.

La formación científica del profesorado adquiere mayor peso cuando las metodologías participativas dejan de concebirse como un añadido y pasan a ordenar la construcción de la experiencia de aula, por ello Hernández del Barco et al. (2025) presentaron una experiencia centrada en aprendizaje por proyectos con docentes en formación y hallaron avances en aprendizaje permanente y compromiso educativo, asunto que dialoga con la enseñanza de la química mediante simulaciones, dado que el recurso virtual produce mejores efectos cuando el maestro planifica tareas de indagación, observación guiada y contraste entre variables experimentales.

La ruralidad introduce exigencias particulares para la labor docente, puesto que la enseñanza en territorios dispersos, con brechas de acceso y trayectorias de desigualdad, obliga a repensar la calidad educativa desde saberes situados y formas de trabajo compartido profesional ajustadas al medio, en esa dirección Mosquera y Gaviria (2025) examinaron los retos de la educación rural colombiana y señalaron la necesidad de sostener espacios colaborativos de aprendizaje docente vinculados al territorio, de modo que la formación en simuladores virtuales tenga arraigo en las condiciones reales de las instituciones y no quede restringida a orientaciones generales alejadas de la vida escolar rural.

### Enseñanza química digitalizada

La digitalización de la enseñanza de la química cobra sentido cuando el recurso tecnológico contribuye a traducir fenómenos abstractos en experiencias observables y manipulables para el estudiantado, bajo esa premisa Bizzio y Guirado (2024) documentaron mejoras en la comprensión conceptual a partir del uso de simulaciones computacionales en nivel medio, hallazgo que respalda la decisión de trasladar parte del trabajo experimental a entornos virtuales en instituciones con limitaciones de laboratorio, dado que la visualización dinámica de procesos químicos acerca al estudiante a relaciones de cambio, interacción y Reacción que en la clase expositiva suelen permanecer opacas.

La respuesta afectiva del estudiante frente a la química incide de manera directa sobre su disposición para observar, ensayar y sostener el trabajo cognitivo que exige la experimentación, de ahí que Moreno Mediavilla et al. (2025) revisaran estudios recientes y encontraran efectos favorables sobre aprendizaje conceptual, actitud y motivación durante el uso de simulaciones, resultado que refuerza la lectura de la intervención doctoral, puesto que el interés del alumnado ante Labointeractivo no se explica por novedad tecnológica pasajera, sino por la incorporación de una ruta más cercana, visual y manipulativa para aproximarse a contenidos que antes aparecían lejanos o excesivamente teóricos.

La enseñanza digitalizada de la química alcanza mejores resultados cuando la experiencia experimental se conecta con procesos de comunicación, explicación y resolución de problemas, razón por la cual Vilela et al. (2025) reportaron mejoras en comunicación oral y escrita mediante actividades auténticas e indagación en educación química, con ello se infiere que la simulación virtual no debe cerrarse en la manipulación del recurso, puesto que necesita guías, preguntas, interpretaciones y socialización de resultados, a fin de que el trabajo experimental desemboque en razonamiento científico expresable y no en observación pasiva de fenómenos en pantalla.

### **Educación rural – Zonas PDET**

El desarrollo de simulaciones virtuales en territorios PDET enfrenta una restricción decisiva, la conectividad suele ser discontinua y el acceso a infraestructura digital permanece marcado por desigualdades, frente a ello Santos (2024) reflexionó sobre la integración de TIC offline en la educación rural colombiana y propuso infraestructura básica, alternativas sin conexión y formación docente contextualizada, aporte que se vuelve especialmente pertinente para la presente investigación, dado que la enseñanza de la química en estas zonas requiere recursos que continúen funcionando aun cuando la red falle o la dotación institucional sea insuficiente.

La mejora de la educación rural no depende de trasladar mecánicamente modelos urbanos a territorios históricamente excluidos, puesto que la pertinencia pedagógica surge de lineamientos que reconozcan distancia geográfica, trayectorias de conflicto y prioridades del medio, en ese sentido Duarte Amado y Duarte (2025) formularon orientaciones para el mejoramiento de la educación rural en Colombia y destacaron la priorización de zonas PDET junto con la contextualización de la formación docente, de modo que la enseñanza experimental de la química pueda asumir el territorio no como obstáculo accidental, sino como criterio organizador de recursos, secuencias y metas formativas.

La educación rural multigrado y en zonas de conflicto obliga a construir estrategias flexibles, secuenciales y compatibles con ritmos escolares heterogéneos, por esa razón Hernández y Ruíz (2025) identificaron prácticas pedagógicas adaptadas al territorio que fortalecen permanencia escolar en escenarios de conflicto armado, lectura que guarda relación con la intervención en química, dado que los simuladores virtuales adquieren mayor valor cuando se insertan en propuestas que administran tiempos, diversidad de trayectorias y necesidades de acompañamiento, sin imponer formatos rígidos incompatibles con la escuela rural.

### **Laboratorios o simuladores virtuales**

La comparación entre entornos virtuales y experiencias tradicionales exige abandonar la idea de una sustitución automática del laboratorio físico y centrarse en la calidad del diseño pedagógico que acompaña cada mediación, bajo esta mirada Santilli et al. (2025) revisaron estudios comparativos y concluyeron que los entornos virtuales alcanzan resultados equivalentes o superiores cuando están didácticamente bien elaborados, hallazgo que fortalece la hipótesis del estudio doctoral, porque sugiere que la eficiencia de la simulación depende menos del soporte material y más del modo en que la tarea experimental orienta observación, manipulación y análisis.

La motivación y la autonomía del estudiantado crecen cuando los recursos interactivos se insertan en secuencias comprensibles y conectadas con metas de aprendizaje visibles, en esa dirección Campuzano López et al. (2025) evaluaron herramientas digitales para química y reportaron mejoras en interés y trabajo autónomo a partir de diseños con pretest y postest, relación que da respaldo al uso de un sitio web con guías, videos y simulaciones, debido a que la estructura organizada del recurso ordena el recorrido del estudiante y le ofrece un camino de exploración menos fragmentado que el acceso disperso a materiales digitales.

La navegación en entornos virtuales de aprendizaje exige competencias de lectura, seguimiento y retroalimentación que inciden sobre la comprensión de instrucciones, resultados y relaciones entre variables, por ello Habók et al. (2024) mostraron que las estrategias globales de lectura online guardan una relación fuerte con el rendimiento comprensivo y con el uso de laboratorios virtuales en educación media, de ahí que la eficiencia de las simulaciones en química no dependa exclusivamente del contenido disciplinar, dado que también involucra la capacidad del estudiante para interpretar consignas, revisar evidencias y sostener una lectura funcional del entorno digital.

### **Integración digital**

La incorporación de simulaciones virtuales gana solidez cuando se enlaza con interacciones didácticas que vinculan trabajo presencial y apoyo digital dentro de una misma secuencia formativa, en tal sentido Turpo Gebera et al. (2025) estudiaron modelos blended learning y encontraron que la combinación entre ambas modalidades fortalece autonomía y aprendizaje significativo, hallazgo que respalda la organización del sitio web como una extensión del trabajo de aula y no como un espacio desconectado de la clase, puesto que el valor de la integración digital nace de su continuidad con la mediación del docente.

La actualización del profesorado en competencias TIC constituye una condición de base para que los recursos virtuales dejen de ser accesorios poco usados y se conviertan en herramientas de trabajo regular, sobre este punto Ramos et al. (2025) analizaron competencias digitales docentes y concluyeron que la formación específica sostiene la implementación exitosa de entornos virtuales, idea que dialoga con la investigación doctoral, en la cual la apropiación del simulador, del sitio web y de las guías virtuales exige que el docente domine criterios técnicos y didácticos para orientar la actividad sin dependencia exclusiva de apoyo externo.

La integración digital consigue efectos pedagógicos más visibles cuando se inserta en diseños explícitos, objetivos diferenciados y actividades de práctica estrechamente vinculadas a la meta formativa, de ahí que van der Kleij y Segers (2026) identificaran efectos favorables de magnitud media en intervenciones digitales contextualizadas, con ello se sostiene que la simulación virtual en química debe formar parte de una secuencia donde cada fase, exploración, observación, contraste y cierre, responda a una finalidad clara, sobre todo en territorios rurales donde el tiempo de uso tecnológico debe aprovecharse con máxima intencionalidad didáctica.

### **Sinergia educativa presencial y digital**

La complementariedad entre metodologías tradicionales y recursos digitales resulta especialmente valiosa cuando la enseñanza de la química necesita conservar explicación, acompañamiento y experimentación en un mismo trayecto formativo, por esa razón Alqurashi (2025) estudió la integración sinérgica de metodologías presenciales y digitales y encontró mejoras en participación y desarrollo de competencias, resultado que ofrece una lectura aplicable a la educación media rural, puesto que el simulador no desplaza el papel del maestro ni la discusión en aula, sino que reordena la práctica para que la comprensión conceptual y la manipulación experimental avancen en conjunto.

La relación entre presencialidad y virtualidad requiere un diseño instruccional cuidadosamente estructurado para que las tareas no se dispersen entre soportes sin conexión entre sí, en esa línea Rodríguez et al. (2024) formularon una instrumentación didáctica b learning y observaron mejoras en rendimiento académico y percepción de calidad del proceso, con ello se refuerza la idea de que el uso de simulaciones virtuales en química necesita planificaciones donde cada actividad presencial prepare la tarea digital y cada experiencia virtual regrese a la clase como material de análisis, discusión y consolidación conceptual.

La educación híbrida produce efectos formativos más amplios cuando el estudiantado reconoce continuidad entre los momentos de trabajo y encuentra un papel activo dentro de la secuencia pedagógica, a este respecto Fernández et al. (2024) documentaron mayor motivación, autonomía y participación académica en modalidades híbridas bien organizadas, aspecto que resulta concordante con el estudio doctoral, dado que la eficiencia de las simulaciones virtuales en zonas PDET se fortalece cuando la experiencia digital se entrelaza con guía docente, trabajo escolar regular y prácticas de seguimiento que sostienen el vínculo del estudiante con la química.

Como cierre del recorrido por tendencias, la figura siguiente reúne una lectura de conjunto sobre las condiciones que sostienen la enseñanza de la química con simulaciones virtuales en ruralidad PDET, puesto que vincula comunidades docentes, digitalización de la enseñanza, adecuación territorial, laboratorios virtuales e integración híbrida como partes de una misma ruta formativa, en esa línea Turpo et al. (2025) sostuvieron que la continuidad entre presencialidad y apoyo digital fortalece la construcción del conocimiento, de este modo se entiende que la eficiencia del recurso depende de una secuencia didáctica estable, de criterios de uso ajustados a la conectividad disponible y de una mediación capaz de llevar la observación digital hacia explicación, contraste y discusión científica, así la imagen ordena la tesis argumentativa del artículo y prepara la síntesis de la discusión.

## DISCUSIÓN

### Relevancia de las comunidades de aprendizaje y la formación docente

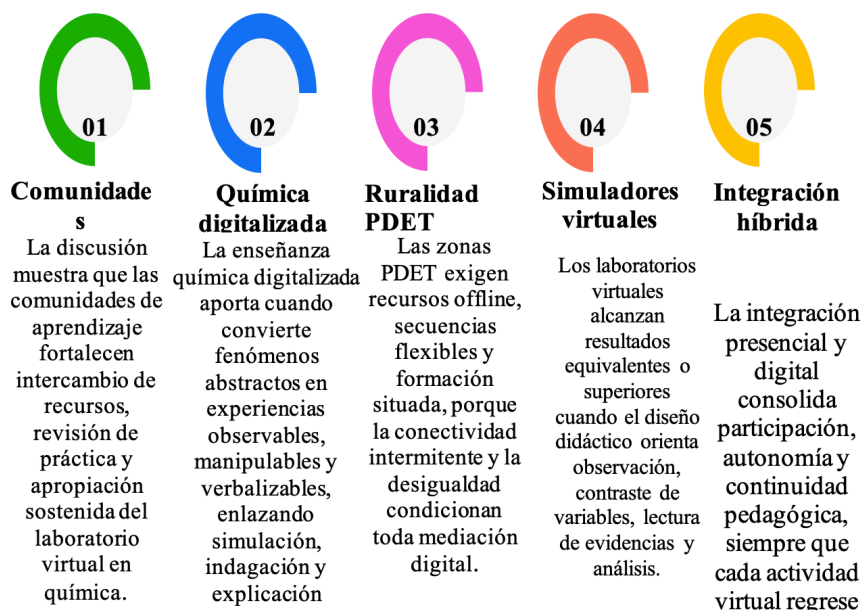


Fig. 2: Síntesis de la discusión

La revisión desarrollada a partir del estudio doctoral y del cuadro de tendencias conduce a una idea central, la eficiencia de las simulaciones virtuales en la enseñanza de la química no surge de la presencia del software por sí sola, más bien depende del entramado didáctico que organiza su uso, del grado de apropiación docente y de la adaptación del recurso a las condiciones de la escuela rural, desde esta lectura el laboratorio virtual adquiere sentido cuando entra en una secuencia donde la explicación, la experimentación y la interpretación conservan continuidad pedagógica.

A ello se suma una evidencia constante, las zonas PDET demandan soluciones didácticas territorialmente ajustadas, con alternativas offline, guías comprensibles y redes de apoyo docente capaces de sostener el uso del recurso más allá del entusiasmo inicial, de modo que la enseñanza experimental de la química pueda mantenerse aún bajo conectividad inestable, baja dotación y trayectorias escolares atravesadas por desigualdad, por esta vía la simulación se convierte en una respuesta viable frente a la ausencia de laboratorio físico y frente a la necesidad de acercar al estudiante a prácticas de indagación y observación científicamente orientadas. De forma paralela, la actualización docente ocupa un lugar decisivo, puesto que el profesorado debe traducir el potencial del simulador en tareas, preguntas, contrastes y cierres que ordenen el aprendizaje, sin ese trabajo de mediación el entorno digital corre el riesgo de convertirse en un recurso vistoso pero didácticamente débil, mientras que con una planificación rigurosa y una comunidad profesional en movimiento el laboratorio virtual puede consolidarse como un medio estable para fortalecer comprensión conceptual, participación estudiantil y vínculo con la ciencia escolar.

## CONCLUSIÓN

El artículo concluye que la enseñanza de la química en territorios rurales PDET encuentra en las simulaciones virtuales una vía pedagógica pertinente para acercar la experimentación científica a instituciones que afrontan limitaciones de infraestructura, conectividad y dotación de laboratorio, aunque dicha pertinencia no puede entenderse como efecto automático del recurso, dado que su rendimiento educativo depende de secuencias claras de trabajo, guías de observación, acompañamiento docente y adecuación a las condiciones reales del territorio.

Un hallazgo que merece atención particular es la reducción del coeficiente de variación en el grupo experimental, que descendió de 52,6 % en el pretest a aproximadamente 35 % en el postest, dato que indica no solo una mejora en los promedios de desempeño, sino también una mayor homogeneidad en la distribución de los aprendizajes dentro del grupo intervenido. Este resultado sugiere que la propuesta

didáctica basada en simulaciones virtuales contribuyó a reducir las brechas internas de rendimiento entre estudiantes con distintos niveles de formación previa, efecto que puede atribuirse a la naturaleza interactiva del recurso, a la posibilidad de repetir las simulaciones hasta alcanzar la comprensión deseada y al acompañamiento sistemático del docente durante las sesiones de trabajo.

En contextos rurales PDET, donde las trayectorias escolares de los estudiantes están condicionadas por factores como la extraedad, la intermitencia en la asistencia y la diversidad de saberes previos, la capacidad de una estrategia didáctica para nivelar los aprendizajes adquiere un valor que trasciende lo estrictamente académico y se proyecta hacia la equidad educativa. La disminución en la dispersión de los puntajes indica que las simulaciones virtuales, cuando se acompañan de secuencias estructuradas y mediación pedagógica constante, pueden funcionar como un mecanismo de inclusión cognitiva que acerca a los estudiantes con menores recursos conceptuales hacia niveles de comprensión más cercanos a los de sus pares con mayor preparación previa, hallazgo que refuerza la pertinencia de este tipo de intervenciones en territorios históricamente excluidos del acceso a una educación científica de calidad.

Asimismo, la lectura conjunta del estudio doctoral y de las tendencias 2024 a 2026 deja ver que la formación docente y las comunidades de aprendizaje ocupan un lugar decisivo en la estabilidad del proceso, puesto que el uso continuo de simuladores, sitios web y recursos híbridos exige intercambio profesional, revisión de la práctica y fortalecimiento de competencias digitales con orientación didáctica, por tal razón la eficiencia medida por la investigación debe interpretarse como resultado de una construcción pedagógica sostenida y no como simple incorporación técnica de herramientas virtuales.

En síntesis, la investigación doctoral permite concluir que las simulaciones virtuales representan una vía pedagógica pertinente y verificable para fortalecer la enseñanza de la química en instituciones rurales de territorios PDET, siempre que su implementación se sostenga sobre tres pilares interdependientes: un diseño didáctico secuencial que articule exploración, observación, registro y cierre conceptual; una mediación docente activa que traduzca el potencial del recurso digital en tareas de aprendizaje con sentido formativo; y una adecuación territorial que contemple alternativas offline, guías comprensibles y ritmos compatibles con la realidad de la escuela rural.

La convergencia de estos tres pilares, documentada tanto en los resultados cuasiexperimentales como en la lectura de las tendencias investigativas de 2024 a 2026, señala que la innovación tecnológica en educación no se agota en la incorporación de herramientas digitales, sino que adquiere valor pedagógico cuando se inserta en un entramado formativo que reconoce al docente como mediador, al territorio como contexto organizador y al estudiante como sujeto activo de su propio aprendizaje. La proyección de estos hallazgos trasciende las dos instituciones participantes y abre la posibilidad de replicar la experiencia en otras zonas PDET con condiciones similares, contribuyendo así al cierre de brechas entre la educación rural y la urbana y aportando evidencia empírica a favor de políticas educativas que vinculen la innovación tecnológica con la justicia educativa, el fortalecimiento del aprendizaje experimental y la mejora de la experiencia formativa en la educación media rural colombiana.

La formación docente y las comunidades de aprendizaje constituyen condiciones necesarias para la sostenibilidad del proceso. El uso continuo de simuladores, sitios web educativos y recursos híbridos exige el intercambio profesional entre pares, la revisión colectiva de la práctica y el fortalecimiento de competencias digitales con orientación didáctica. La experiencia investigativa en las instituciones de Puerto Libertador y Necoclí evidenció que el acompañamiento pedagógico constante y la creación de espacios colaborativos permitieron superar la resistencia inicial de algunos docentes al cambio metodológico, transformando la apropiación del simulador en una construcción compartida y no en una imposición técnica aislada.

La ruralidad de Antioquia y Córdoba obliga a pensar la educación química desde criterios de pertinencia territorial, continuidad offline y sinergia entre la clase presencial y la mediación digital. Los territorios PDET demandan soluciones didácticas que funcionen incluso con conectividad inestable, baja dotación institucional y trayectorias escolares atravesadas por la desigualdad histórica. En este sentido, las simulaciones virtuales representan una vía para democratizar el acceso a la experimentación científica: la posibilidad de que un estudiante de una vereda de Necoclí simule una reacción de neutralización con el mismo rigor que un estudiante de un centro urbano constituye un avance hacia una educación más justa y contextualizada. Se concluye que los simuladores virtuales alcanzan mayor valor cuando amplían la posibilidad de observar, contrastar y explicar fenómenos químicos dentro de trayectorias escolares marcadas por la exclusión, de modo que la innovación tecnológica quede vinculada a justicia educativa, fortalecimiento del aprendizaje experimental y mejora de la experiencia formativa en la educación media rural.

## REFERENCIAS

- Alqurashi, N. (2025). Transforming language acquisition: A comprehensive study on the synergistic integration of traditional and digital methodologies to enhance learner engagement and skill development. European Scientific Institute (ESI).
- Campuzano-López, J. G., Mero-Ponce, J. K., Zambrano-Zambrano, J. R., & Quiroz-Parrales, L. A. (2025). Uso de las tecnologías de información y comunicación (TIC) como estrategia educativa eficaz en química. *Arandu*, 12(3), 3939–3957. <https://doi.org/10.69639/arandu.v12i3.1603>
- de los Ángeles Bizzio, M., & Guirado, A. M. (2024). Uso de simulaciones computacionales en la enseñanza de la química. *Revista de Educación en Ciencias*.
- Castro, L. (1979). *Diseño experimental sin estadística*. Editorial Trillas. <https://journal.sipsych.org/index.php/IJP/article/download/761/656/1792>
- Duarte Amado, M. C., & Duarte Amado, C. A. (2025). Lineamientos orientadores para el mejoramiento de la educación en el medio rural. *Revista de Investigación*, 48(113), 19–29. <https://revistas.upel.edu.ve/index.php/revinvest/article/download/3636/4058/8684>
- Fernández-Cando, D. A., Mogollón-Gutiérrez, G., Chango-Muñoz, B. R., & Espinoza-Alvarado, G. L. (2024). Educación híbrida: Impacto en el aprendizaje y adaptación de los estudiantes. *Revista Panamericana de Pedagogía*, (39). <https://revistas.up.edu.mx/RPP/en/article/download/3290/2757>
- Flores Fahara, M. (2004). Implicaciones de los paradigmas de investigación en la práctica educativa. *Revista Digital Universitaria*, 5(1). <https://biblat.unam.mx/pt/revista/revista-digital-universitaria/articulo/implicaciones-de-los-paradigmas-de-investigacion-en-la-practica-educativa>
- Habók, A., Magyar, A., Molnár, G., & Csapó, B. (2024). Estrategias de lectura online y rendimiento comprensivo en estudiantes de secundaria. *Educational Psychology*.
- Hernández Del Barco, M., Sánchez Martín, J., Corbacho Cuello, I., & Cañada Cañada, F. (2025). Filtro lento en arena: Una experiencia de educación científica en el contexto de la sostenibilidad integral. *Educación Química*, 36(2). <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2025.2.87037>
- Hernández, B. A. R., & Ruíz, A. C. (2025). Dossier: Educación multigrado en territorios rurales. *Revista Iberoamericana de Educación Rural*, 3(5). <https://doi.org/10.48102/riber.v3i5.126>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la investigación* (4a ed.). McGraw-Hill. <https://virtual.urbe.edu/tesispub/0105182/cap03.pdf>
- Hurtado de Barrera, J. (2012). *El proyecto de investigación: Comprensión holística de la metodología y la investigación*.
- Mosquera, M. Y., & Gaviria, H. C. (2025). Los retos de la educación rural para alcanzar la calidad educativa. *LÍNEA IMAGINARIA*, 2(20). <https://doi.org/10.56219/lneaimaginaria.v2i20.3769>
- Moreno-Mediavilla, D., Pascual, V., & Palacios, A. (2025). Simulaciones virtuales y emociones hacia el estudio de la química: una revisión sistemática. *Campus Virtuales*, 14(2), 139–152. <https://doi.org/10.54988/cv.2025.2.1604>
- Nicolau, A., & Puga, L. (2025). Los procesos de conformación de una comunidad de práctica híbrida en el profesorado de educación secundaria en química. *Revista En la mira. La educación superior en debate*. <https://revistas.umaza.edu.ar/enlm/article/view/576>
- Ramos Azcuy, F. J., Pupo Méndez, K., & Guerra Breña, R. M. (2025). Competencias TIC docentes en entornos de aprendizaje virtual en educación superior. *Revista Caribeña de Investigación Educativa – RECIE*, 9, 1–20. <https://scielo.do/j/recie/a/Vy444XysKNBZL6RRGBss7SH/>
- Rodríguez-Díaz, A., Romero-Islas, J., & Rodríguez-Romero, J. (2024). Formulación de un diseño de instrumentación didáctica en b-Learning para educación superior. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 65(1), 325–372. <https://doi.org/10.48102/rlee.2024.54.1.604>
- Santilli, T., Ceccacci, S., Mengoni, M., & Giaconi, C. (2025). Virtual vs. traditional learning in higher education: A systematic review of comparative studies. *Computers & Education*, 227, 105214. <https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2024.105214>
- Santos Lugo, J. E. (2024). La integración de las TIC offline en la educación rural de Colombia. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 8020–8052. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i3.11993](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11993)
- Turpo Gebera, O., Chirinos Tovar, K., & Cáceres Campoverde, J. (2025). Interacciones didácticas y producción de conocimiento en Blended Learning: Estudio de caso en educación superior. *EduTec, Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (92), 124–144. <https://doi.org/10.21556/edutec.2025.92.3761>
- van der Kleij, F., & Segers, M. (2026). Intervenciones digitales contextualizadas y literacidad: efectos en el rendimiento comprensivo. *Learning and Instruction*.

Vilela, M., Morais, C., & Paiva, J. C. (2025). Inquiry-based science education in high chemistry: Enhancing oral and written communication skills through authentic and problem-based learning activities. *Education Sciences*, 15(3), 334. <https://doi.org/10.3390/EDUCSCI15030334>