

Mediación TIC y estrategias de aprendizaje en química mediante el modelo FORTIC-Q

ICT Mediation and Learning Strategies in Chemistry Using the FORTIC-Q Model

Francisco Javier Páez Arias¹ y Jairo Miguel Viloria Espitia²

¹Universidad Metropolitana de Educación, Ciencia y Tecnología, franciscopaez.est@umecit.edu.pa, <https://orcid.org/0009-0003-9346-3804>, Panamá

²Universidad Metropolitana de Educación, Ciencia y Tecnología, jairoviloria@umecit.edu.pa, <https://orcid.org/0000-0003-3039-5819>, Panamá

Información del Artículo

Trazabilidad:

Recibido 24-05-2026

Revisado 26-05-2026

Aceptado 15-07-2026

Palabras Clave:

TIC

Química

ACRA

Competencias científicas

Educación media

RESUMEN

El artículo analiza resultados de una investigación doctoral dedicada a evaluar estrategias didácticas disruptivas basadas en tecnologías de la información y la comunicación para fortalecer competencias científicas en química en instituciones rurales de Montería, Colombia; el objetivo consistió en interpretar la línea de base del rendimiento químico, los perfiles de aprendizaje medidos con el cuestionario ACRA y el aporte disciplinar FORTIC-Q, a partir de una ruta cuantitativa evaluativa, diseño cuasiexperimental, pruebas de apropiación del aprendizaje, baremos institucionales, contrastes de normalidad y Kruskal Wallis; los resultados mostraron ausencia de normalidad en el pretest de Garzones, San Isidro y Leticia, equivalencia inicial con significancia de 0,598, y diferencias en adquisición, codificación, recuperación y apoyo al procesamiento, con valores inferiores al alfa de 0,05; la discusión integra antecedentes nacionales e internacionales, la lectura de las figuras del Capítulo V y el constructo teórico derivado de la reacción didáctica catalizada; se concluye que la mediación TIC en química rural exige secuencias diferenciadas, guías cognitivas y apoyos metacognitivos vinculados con las condiciones pedagógicas de cada institución.

ABSTRACT

This article analyzes results from a doctoral research project aimed at evaluating disruptive teaching strategies based on information and communication technologies to strengthen scientific competencies in chemistry in rural institutions in Montería, Colombia; the objective was to interpret the baseline of chemistry performance, the learning profiles measured with the ACRA questionnaire, and the FORTIC-Q disciplinary contribution through a quantitative evaluative route, a quasi-experimental design, learning appropriation tests, institutional performance scales, normality tests, and Kruskal Wallis contrasts; the results showed non normality in the pretest scores of Garzones, San Isidro, and Leticia, initial equivalence with a significance value of 0.598, and differences in acquisition, coding, retrieval, and processing support, with values below the 0.05 alpha level; the discussion integrates national and international background studies, the interpretation of Chapter V figures, and the theoretical construct derived from the catalyzed didactic reaction; the study concludes that ICT mediation in rural chemistry requires differentiated sequences, cognitive guidance, and metacognitive support linked to the pedagogical conditions of each institution.

Keywords:

ICT

Chemistry

ACRA

Scientific Competencies

Higher Education

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la química en educación media rural demanda una mediación que convierta la cercanía del fenómeno en oportunidad para comprender el modelo que lo explica, luego trasladar esa comprensión al lenguaje simbólico que organiza el razonamiento químico; Woldemariam et al. (2024) muestran que la

tecnología asociada a la enseñanza química incide en logro, actitud y retención, pero dicha incidencia depende de una decisión pedagógica que antecede al recurso, puesto que las aulas con práctica experimental restringida necesitan secuencias capaces de guiar la adquisición de información, acompañar su transformación conceptual y conducir su recuperación ante tareas donde el conocimiento científico debe usarse con sentido.

El problema investigado no se interpreta como simple variación de puntajes, porque el rendimiento apenas muestra una parte de la relación entre estudiante y conocimiento; la dificultad decisiva aparece en la forma como el aprendiz selecciona datos, comprende procedimientos, traduce símbolos en relaciones explicativas y mantiene respuestas ante situaciones químicas de mayor demanda cognitiva; Ajlouni et al. (2025) evidencian que la gamificación favorece apropiación conceptual y actitud científica si organiza metas comparables con señales de avance, con esta lectura, la disrupción tecnológica debe juzgarse por su capacidad para ordenar la mediación, preservar el rigor disciplinar y responder al modo efectivo en que los estudiantes aprenden química.

La educación oficial introduce una condición decisiva para discutir la mediación TIC, porque el acceso a recursos digitales condiciona la forma de representar el contenido químico, la disponibilidad de laboratorios define las oportunidades de experimentación escolar y la continuidad del acompañamiento docente incide en la recuperación del aprendizaje durante la tarea, en lo concerniente a esta relación, Manyilizu (2023) encontró que las experiencias de laboratorio virtual preparan mejor la práctica química frente a alternativas en papel en escuelas con restricciones materiales, argumento que dialoga con el presente estudio al situar la tecnología como apoyo pedagógico ante la escasez experimental, por lo cual toda valoración del recurso debe atender las condiciones de aula, el contenido químico seleccionado y los perfiles estratégicos de aprendizaje.

En continuidad con esta exigencia, el componente químico aumenta la demanda didáctica porque el estudiante debe pasar del fenómeno que observa al modelo molecular que explica su comportamiento, para luego expresar esa relación mediante el lenguaje simbólico de la disciplina, tránsito que se debilita si la enseñanza permanece centrada en exposición verbal y ejercicios repetitivos, Rahman et al. (2024) muestran que los entornos inmersivos y el aprendizaje basado en juego ayudan a visualizar enlaces químicos mediante interacción con modelos, de manera que la mediación digital aporta criterios para diseñar secuencias viables donde la imagen introduce el fenómeno, la pregunta científica dirige la interpretación y la recuperación de información consolida el razonamiento químico en aulas rurales colombianas.

En esta línea, la revisión internacional muestra que la mediación tecnológica en química alcanza valor didáctico si responde a una tarea disciplinar definida y no a la presencia instrumental de dispositivos, dado que el recurso necesita orientar una acción concreta del estudiante frente al contenido, Ali y Ullah (2025) demostraron que un laboratorio virtual diseñado para una práctica específica y acompañado por información tutorial mejora el desempeño mientras reduce la carga mental, frente a esta postura, Kolil y Achuthan (2024) relacionan los laboratorios virtuales con conciencia experimental mediante tareas que aproximan el procedimiento a la comprensión, de ahí que la estrategia TIC deba guiar el ingreso de la información, su elaboración conceptual y su uso posterior en razonamientos químicos aplicables.

Con igual orientación, las experiencias apoyadas en discusión académica y colaboración en línea amplían la comprensión de las TIC porque desplazan el centro del análisis desde el recurso hacia la interacción que ayuda al estudiante a justificar lo que aprende, en sustento de lo anterior, Iyamuremye et al. (2025) evidenciaron avances en comprensión conceptual de química orgánica y habilidades asociadas con comunicación académica mediante herramientas web de discusión, este hallazgo resulta pertinente para este artículo porque el uso comprensivo del conocimiento científico precisa organizar información para recuperar relaciones conceptuales y producir respuestas explicativas ante tareas químicas, por tanto, la mediación digital debe conducir la conversación científica, revisar las explicaciones producidas y afianzar decisiones argumentadas en la química escolar

A este respecto, la gamificación aporta una línea internacional pertinente para interpretar la mediación TIC porque vincula el interés inicial del estudiante con una participación que debe conducir a permanencia conceptual en química, lo anterior encuentra respaldo en lo planteado por Lutfi et al. (2023) los cuales desarrollaron y valoraron un juego destinado al aprendizaje de hidrocarburos, cuyo efecto se expresó en mejores resultados y mayor conservación del aprendizaje, de modo que la lúdica alcanza valor didáctico si responde a un objetivo formativo, avanza mediante una secuencia graduada y se verifica con criterios de evaluación coherentes con el contenido disciplinar, por esta razón, la disrupción didáctica se juzga por su incidencia en la comprensión química y no por su apariencia recreativa.

En el mismo orden de ideas, la revisión sistemática de Woldemariam et al. (2024) ofrece un marco de contraste para leer los antecedentes internacionales, pues reúne estudios sobre instrucción química asistida por tecnología y muestra efectos favorables en el logro académico entendido como desempeño, en la actitud comprendida como disposición hacia la ciencia y en la retención asumida como permanencia del aprendizaje, esta evidencia respalda investigaciones evaluativas en educación media rural, aunque cada

escenario escolar debe examinarse según sus condiciones de mediación, de manera que este estudio conecta el diagnóstico de desempeño con el cuestionario ACRA y deriva de los hallazgos un constructo teórico ajustado al aprendizaje químico.

Desde la producción nacional sobre simuladores, la mediación tecnológica aparece como una vía para que el estudiante pase de observar un fenómeno a construir una explicación apoyada en evidencias, relación que resulta necesaria en química por la distancia entre lo visible y los procesos de la materia, por lo anterior, Ríos y Soto (2024) analizan el desarrollo de la competencia explicación de fenómenos naturales mediante recursos de simulación, con lo cual su aporte orienta el desarrollo investigativo hacia una comprensión de las TIC como mediación que organiza la observación, dirige la pregunta científica y conduce la respuesta escolar hacia relaciones conceptuales aplicables al componente químico.

A partir de la discusión colombiana sobre competencias científicas en la era digital, el valor del recurso interactivo depende de su relación con una necesidad de aprendizaje previamente reconocida, pues el estudiante no mejora por contacto con la herramienta, sino por la forma en que esta organiza el tránsito entre información, comprensión y actuación científica, Molina y Restrepo (2025) proponen un programa didáctico basado en TIC para fortalecer competencias científicas, con un recorrido que va del diagnóstico al diseño de un OVA interactivo, por lo cual su aporte respalda la mediación digital, desempeño académico y uso escolar del conocimiento científico.

En la lectura territorial de Montería, la usabilidad de una aplicación TIC aporta un criterio cercano al problema porque sitúa la enseñanza química en instituciones rurales donde el acceso, la interacción con el recurso y la satisfacción estudiantil condicionan la continuidad del aprendizaje, Guzmán y Arana (2025) valoran la aplicación A la Materia en entornos rurales y registran indicadores favorables de uso, eficacia y motivación, con esta evidencia, la presente investigación precisa que la facilidad operativa necesita encontrarse con secuencias que acompañen la adquisición, orienten la codificación, promuevan la recuperación y respalden el procesamiento durante tareas químicas

Desde la lectura situada del desempeño científico, el aporte de Méndez (2023) ubica el problema en grado once de instituciones públicas de Montería, donde las competencias científicas aparecen afectadas por dificultades para indagar, reconocer conceptos y emplearlos ante situaciones cotidianas, esta evidencia aproxima la discusión nacional al nivel escolar que ocupa este estudio, puesto que muestra que el bajo resultado no corresponde únicamente a una debilidad de contenido, sino a una ruptura entre saber aprendido y uso académico del conocimiento, de manera que la mediación TIC en química debe ayudar al estudiante a recuperar información, relacionarla con fenómenos y construir respuestas científicas ante tareas evaluables.

En correspondencia con la experiencia estudiantil cordobesa, idea que Valencia et al. (2024) amplían por medio de la comprensión del problema al interpretar los significados que los adolescentes otorgan a la educación científica, con hallazgos que muestran distancia entre la ciencia escolar y la realidad vivida por los jóvenes, esta lectura resulta decisiva para la presente indagación porque una mediación digital en química rural no puede limitarse a representar contenidos abstractos, sino que debe enlazar el fenómeno cercano con la explicación científica y con actividades de recuperación que desplacen la memorización hacia el uso escolar del conocimiento, para que la tecnología actúe como mediación formativa y no como recurso añadido.

El cuestionario ACRA introduce una lectura estratégica del aprendizaje al diferenciar la entrada de información, su transformación en representaciones, la evocación necesaria para responder y el apoyo que regula el esfuerzo durante la tarea, con lo cual ayuda a explicar por qué estudiantes con rendimientos iniciales semejantes pueden mostrar formas distintas de estudiar química, Pintrich y De Groot (1990) relacionan autorregulación y desempeño al mostrar que la respuesta escolar depende de procesos cognitivos y motivacionales, esta base respalda que el artículo contraste el pretest con las escalas estratégicas antes de valorar la mediación TIC, porque el puntaje inicial describe el punto de partida, mientras la forma de aprender revela condiciones pedagógicas que pueden quedar ocultas tras una equivalencia estadística general.

Tabla 1: Antecedentes integrados en la introducción

Ámbito	Autores o línea de trabajo	Aporte interpretativo al ensayo
Internacional	Woldemariam et al. (2024)	La enseñanza química asistida por tecnología se interpreta desde logro, actitud y retención, lo cual respalda la evaluación de mediaciones TIC con resultados empíricos y no con afirmaciones generales sobre innovación.
Internacional	Ali y Ullah (2025)	El laboratorio virtual adquiere valor pedagógico al responder a una tarea química delimitada, criterio

		que contribuye a discutir la necesidad de secuencias guiadas en instituciones rurales.
Internacional	Ajlouni et al. (2025) y Lutfi et al. (2023)	La gamificación se examina como estrategia con metas, evidencia de avance y relación con la retención conceptual, no como recurso recreativo desvinculado del contenido químico.
Internacional	Iyamuremye et al. (2025)	Las herramientas web de discusión amplían la comprensión de las TIC en torno a la comunicación, la argumentación y la recuperación de información para responder a tareas científicas.
Internacional	Kolil y Achuthan (2024), Manyilizu (2023) y Rahman et al. (2024)	Los laboratorios virtuales, las simulaciones y los entornos inmersivos ayudan a comprender la relación entre la visualización, la práctica experimental y la abstracción química.
Nacional	Molina y Restrepo (2025), Ramos et al. (2025) y Ríos y Soto (2024)	Los estudios sobre competencias científicas, metodologías activas y simuladores respaldan la pertinencia de evaluar los recursos digitales desde el enfoque de los aprendizajes de las ciencias naturales.
Nacional	García Bello (2024), Guzmán y Arana (2025), Méndez (2023) y Valencia et al. (2024)	La producción situada en Montería y Córdoba fortalece la lectura territorial del ensayo, especialmente en la ruralidad, la usabilidad de las TIC y los significados escolares de la ciencia.

Nota. Elaboración propia a partir de la investigación doctoral y del Modelo FORTIC-Q.

El artículo discute los resultados centrales del estudio mediante una ruta que inicia con la línea de base del pretest en Garzones, San Isidro y Leticia, continúa con la decisión estadística derivada de las pruebas de normalidad, interpreta las diferencias halladas en las escalas ACRA y proyecta el modelo FORTIC-Q como aporte disciplinar, esta apreciación es acorde con lo planteado por Ali y Ullah (2025) pues vinculan el rendimiento químico con tareas tecnológicas delimitadas, criterio que respalda una lectura donde las condiciones previas, los perfiles estratégicos y las necesidades de acompañamiento institucional orientan la interpretación de los datos, por lo cual la igualdad inicial de los puntajes no equivale a igualdad para aprender, sino que demanda una mediación TIC ajustada a la forma como cada grupo adquiere información, la transforma, la recupera y regula su esfuerzo académico.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación asumió una ruta cuantitativa de tipo evaluativo, vinculada con el método hipotético deductivo y con un diseño cuasiexperimental orientado a contrastar el desempeño químico de estudiantes de educación media en instituciones rurales de Montería, en esta decisión metodológica, Creswell y Creswell (2023) señalan que el diseño cuantitativo gana capacidad explicativa cuando relaciona pregunta, hipótesis, medición y contraste empírico, de manera que las pruebas de apropiación del aprendizaje y el cuestionario ACRA cumplen una función precisa, medir el rendimiento químico y reconocer las estrategias de aprendizaje que intervienen en la respuesta escolar de los grupos participantes.

La muestra se integró con estudiantes de Garzones, San Isidro y Leticia, instituciones seleccionadas por su pertenencia al sistema público rural, la asistencia regular a clases de química y la formalización del consentimiento informado, a partir de esos criterios, la información se organizó en una matriz procesada mediante Excel y SPSS, donde los puntajes del pretest, los indicadores descriptivos por institución, las pruebas de normalidad y los contrastes no paramétricos permitieron ordenar la evidencia disponible, de modo que la elección de Kruskal Wallis respondió al comportamiento no normal de las distribuciones iniciales y aseguró comparaciones acordes con los datos registrados.

Por otra parte, el cuestionario ACRA se incorporó como vía para leer estratégicamente el aprendizaje, pues la adquisición describió el ingreso atencional de la información, la codificación explicó su transformación en representaciones, la recuperación mostró la evocación necesaria para responder y el apoyo al procesamiento señaló la regulación del esfuerzo durante la tarea, Rojas (2017) respalda su utilidad para examinar procesos estratégicos, razón por la cual el estudio lo empleó para reconocer diferencias institucionales que el pretest no mostraba con suficiente precisión, luego el análisis avanzó mediante depuración, baremación, pruebas de normalidad y contraste de hipótesis con alfa de 0,05, usando estadísticos descriptivos, Kolmogorov Smirnov, Shapiro Wilk y Kruskal Wallis para discutir la mediación TIC desde evidencia empírica.

A partir de esta ruta metodológica, el estudio asumió los datos como materia interpretativa para comprender el aprendizaje químico rural, no como culminación técnica del procedimiento, de ahí que los resultados del pretest se relacionaran con la competencia uso comprensivo del conocimiento científico, mientras las escalas ACRA sirvieron para reconocer perfiles estratégicos que explican cómo los estudiantes ingresan, transforman y recuperan información durante la tarea académica, con esta doble entrada, la mediación TIC se valora por las condiciones cognitivas que favorecen o restringen la apropiación del componente químico, a la vez que el diagnóstico orienta el diseño, la implementación responde a necesidades institucionales, la validación se apoya en pruebas inferenciales y el aporte disciplinar se concreta en FORTIC-Q.

Tabla 2: Ruta metodológica del ensayo ampliado

Componente	Decisión metodológica	Función dentro del ensayo
Enfoque y tipo	Ruta cuantitativa evaluativa con diseño cuasiexperimental	Relacionar desempeño químico, estrategias de aprendizaje y mediación TIC desde evidencias organizadas.
Instituciones	Garzones, San Isidro y Leticia	Examinar tres escenarios rurales con línea de base comparable y perfiles estratégicos diferenciados.
Instrumentos	Pruebas de apropiación del aprendizaje y cuestionario ACRA	Medir rendimiento químico y procesos de adquisición, codificación, recuperación y apoyo.
Análisis estadístico	Baremos, normalidad, Shapiro Wilk, Kolmogorov Smirnov y Kruskal Wallis	Asegurar coherencia entre distribución de datos, hipótesis y comparación institucional.
Análisis documental	Revisión del ensayo inicial, Capítulo IV, Capítulo V y constructo FORTIC-Q	Ampliar resultados y discusión sin copiar textos, a partir de interpretación y paráfrasis científica.

Nota. Elaboración propia a partir de la investigación doctoral y del Capítulo V FORTIC-Q.

A partir de esta depuración estadística, la verificación de normalidad actuó como filtro metodológico previo al contraste inferencial, porque definió el tipo de comparación compatible con la distribución observada en el pretest, Shapiro y Wilk (1965) respaldan la prueba empleada para valorar ajuste normal, mientras Kruskal y Wallis (1952) aportan la alternativa no paramétrica para grupos independientes, por esta vía, la ausencia de normalidad condujo a seleccionar Kruskal Wallis como decisión derivada de los datos y no como preferencia técnica, en paralelo, el consentimiento informado, la confidencialidad y el uso académico de registros agregados resguardaron a los participantes y dieron soporte ético a FORTIC-Q. Asimismo, la verificación de normalidad funcionó como filtro analítico antes del contraste entre instituciones, porque el estudio necesitaba reconocer si los puntajes del pretest podían leerse bajo supuestos paramétricos o si requerían otra vía inferencial.

De esta manera, Shapiro y Wilk (1965) aportan el referente técnico para valorar la compatibilidad de una distribución con el patrón normal, de modo que su uso en San Isidro y Leticia no actuó como trámite estadístico, sino como decisión que protegió la coherencia entre el comportamiento de los datos, la línea base del rendimiento químico y la posterior interpretación de la mediación TIC. De acuerdo con esa lectura previa, la ausencia de normalidad orientó el uso de una prueba compatible con distribuciones no paramétricas, Kruskal y Wallis (1952) ofrecen un procedimiento para comparar grupos independientes sin forzar condiciones que los datos no cumplen, razón por la cual su aplicación permitió examinar Garzones, San Isidro y Leticia desde una base estadística prudente, a esta decisión se integró el resguardo bioético del proceso, en tanto el consentimiento informado formalizó la participación, la confidencialidad protegió los registros escolares y el uso agregado de la información evitó identificar estudiantes durante la construcción interpretativa de FORTIC-Q.

RESULTADOS

En cuanto a la línea de base del pretest, los datos ubicaron a Garzones, San Isidro y Leticia en un punto de partida cercano para el rendimiento químico, aunque cada institución mostró una amplitud interna distinta, pues Garzones osciló entre 2 y 10, San Isidro entre 4 y 11 y Leticia entre 4 y 9, con medianas próximas de 6, 6 y 6,50; esta cercanía fue confirmada mediante Kruskal Wallis, con N de 155, estadístico de 1,029, gl de 2 y significancia de 0,598, valor superior al alfa de 0,05, de modo que se conservó la hipótesis nula y se asumió equivalencia estadística inicial entre las instituciones.

Con referencia a la normalidad del pretest, los tres grupos presentaron valores inferiores al alfa establecido, dado que Garzones obtuvo 0,000 mediante Kolmogorov Smirnov, San Isidro registró 0,009 y Leticia alcanzó 0,014 mediante Shapiro Wilk, mientras las medias se mantuvieron cercanas en 6,09, 6,45 y 6,50; esta condición no debilitó el análisis, sino que precisó la ruta inferencial adecuada, porque el uso de una prueba no paramétrica protegió la interpretación frente a distribuciones que no respondían al patrón normal y evitó valorar la mediación TIC desde supuestos estadísticos que los datos iniciales no respaldaban.

Con base en la equivalencia inicial ya establecida, la clasificación por niveles desplazó la lectura desde el promedio hacia la composición pedagógica de cada grupo, pues Garzones concentró mayor presencia en el nivel exploratorio, San Isidro mostró una distribución entre avance inicial, intermedio y aplicado, y Leticia presentó mayor aproximación al desempeño autónomo, al respecto Manyilizu (2023) ayuda a interpretar este hallazgo al relacionar el laboratorio virtual con mejores desempeños prácticos en escuelas con limitaciones materiales, de manera que la mediación TIC debe partir de la estructura real del grupo, reconocer sus ritmos de apropiación y ajustar la secuencia a las condiciones concretas del aprendizaje químico rural.

A partir de esa diferenciación interna, la Escala 1 de ACRA confirmó que la adquisición de información no se comportó de forma equivalente entre instituciones, dado que Kruskal Wallis registró 12,777, gl de 2 y significancia de 0,002, con rangos de 71,51 en Garzones, 79,67 en San Isidro y 102,01 en Leticia, esta distribución ubica a Leticia con mayor disposición para atender, explorar y fijar información química, mientras Garzones demanda un ingreso más guiado al contenido, en relación con esto, Lutfi et al. (2023) respaldan esta lectura al vincular juego educativo con motivación y retención conceptual mediante estímulos organizados, repetición formativa y participación disciplinar.

Tras reconocer esta variación estratégica en la adquisición, la codificación mostró una nueva distancia estratégica entre instituciones, con Kruskal Wallis de 8,957, gl de 2 y significancia de 0,011, junto con rangos de 97,88 en Leticia, 80,19 en Garzones y 68,18 en San Isidro, este comportamiento indica que transformar información química en esquemas, relaciones y representaciones no ocurre con la misma intensidad en todos los grupos, en concordancia, Kolil y Achuthan (2024) relacionan los laboratorios virtuales con conciencia experimental y habilidades de laboratorio, aporte que orienta la mediación TIC hacia organizadores visuales, simulaciones guiadas y ejercicios de traducción entre fenómeno, modelo y símbolo, con mayor acompañamiento donde la codificación aparece más restringida.

En lo que respecta a la recuperación de información, los resultados mostraron una diferencia más marcada, con Kruskal Wallis de 18,924, gl de 2 y significancia de 0,001, además de rangos de 66,15 en Garzones, 89,16 en San Isidro y 102,85 en Leticia, esta distribución indica que evocar información química y convertirla en respuesta académica demanda apoyos distintos según cada institución, bajo esta premisa, Iyamuremye et al. (2025) evidencian que las herramientas web de discusión fortalecen comprensión conceptual y comunicación científica, por lo cual la mediación TIC debe incorporar evocación progresiva, preguntas orientadoras, discusión entre pares, explicación oral y retroalimentación inmediata para activar conocimientos organizados ante problemas de concentración, disolución, enlace y transformación de la materia.

Con respecto al apoyo al procesamiento, la Escala 4 registró Kruskal Wallis de 16,070, gl de 2 y significancia de 0,001, resultado que evidencia diferencias institucionales en la forma como los estudiantes regulan el esfuerzo, mantienen la disposición académica y revisan sus avances durante el aprendizaje de la química, razón por la cual Ramos et al. (2025) señalan que el desarrollo de competencias científicas requiere secuencias pedagógicas prolongadas con actividades de seguimiento, de modo que esta escala adquiere valor interpretativo al mostrar que la mediación TIC necesita metas claras, retroalimentación, control del tiempo y acompañamiento durante la interacción con simulaciones, recursos digitales o dinámicas lúdicas. En relación con la usabilidad tecnológica situada, la lectura integrada de las escalas muestra que Leticia mantiene rangos superiores con mayor frecuencia, San Isidro conserva mejor recuperación que codificación y Garzones concentra necesidades más visibles en adquisición, recuperación y apoyo al procesamiento, de manera similar, Guzmán y Arana (2025) encontraron que la aplicación A la Materia, implementada en entornos rurales de Montería, presentó indicadores favorables de facilidad de uso, eficacia, accesibilidad y satisfacción, sin embargo, estos resultados precisan que la disponibilidad funcional del recurso solo se transforma en comprensión química evaluable si la secuencia acompaña el ingreso de información, orienta su representación y activa su recuperación.

En contraste, la mediación visual e interactiva del contenido químico, apuntan a que los hallazgos no conducen a afirmar una mejora tecnológica general, sino a reconocer que la igualdad inicial del pretest puede coexistir con diferencias estratégicas que condicionan el aprovechamiento de cada recurso, en relación con ello, Rahman et al. (2024) muestran que los entornos inmersivos y el aprendizaje basado en juego favorecen la comprensión de enlaces químicos mediante visualización e interacción con modelos, criterio que respalda el diseño de secuencias donde símbolos, procedimientos y fenómenos se trabajen

según el perfil cognitivo de cada grupo, para que la tecnología conduzca la explicación científica y no quede como apoyo visual accesorio.

El modelo FORTIC-Q se comprende como una síntesis organizadora del recorrido investigativo, porque no surge después de los resultados como añadido explicativo, sino como cierre conceptual de una ruta que inicia en el problema de aprendizaje químico, avanza por el diseño metodológico, interpreta la evidencia estadística y desemboca en una contribución disciplinar, en esta dirección, la representación visual afirma la continuidad entre dato y teoría, mientras las brechas de conectividad, la permanencia de prácticas transmisivas y la falta de modelos integradores explican la necesidad de transformar el resultado escolar en criterio para diseñar mediaciones ajustadas a la realidad educativa rural.

En lo que refiere a las pruebas inferenciales, su valor metodológico reside en enlazar la revisión de normalidad con la comparación inicial entre instituciones y con la lectura estratégica de las escalas, de modo que Kruskal Wallis aparece como respuesta al comportamiento de los datos y no como elección instrumental, la significancia de 0,598 confirma una base comparable en el pretest, mientras los valores inferiores al alfa en las escalas revelan diferencias que obligan a leer perfiles de aprendizaje y no solo promedios de rendimiento, por esta vía, FORTIC-Q plantea una arquitectura donde el dato orienta el diagnóstico, la ruralidad modula la mediación, la lúdica dinamiza la experiencia y la docencia conduce la apropiación química.

Bajo tal lectura empírica, FORTIC-Q se entiende como una respuesta derivada de la evidencia y no como una preferencia metodológica previa, porque los baremos ubican el nivel de desempeño de cada grupo, la homogeneidad inicial protege la comparación entre instituciones, las escalas ACRA revelan la forma en que los estudiantes procesan la información y la decisión no paramétrica resguarda la interpretación ante datos que no siguen normalidad, de esta manera, el modelo convierte el resultado estadístico en criterio didáctico y desplaza la atención desde el promedio general hacia las condiciones que orientan la mediación química en escenarios rurales.

Por otra vía interpretativa, la representación hexagonal traduce el comportamiento de los datos en una ecuación didáctica donde la formación aporta la intención pedagógica, las TIC hacen visible el proceso químico que el estudiante no observa directamente, la lúdica acelera la implicación con la tarea, las condiciones rurales delimitan la reacción educativa y la competencia química aparece como producto formativo, esta organización visual ayuda a comprender que las diferencias entre instituciones no se corrigen mediante un recurso único, sino mediante ajustes en guías, retos, apoyos y retroalimentaciones acordes con el perfil estratégico de cada grupo.

En el plano de la sustentación conceptual, FORTIC-Q integra referentes que cumplen funciones distintas dentro del aprendizaje químico mediado, el TPACK define la relación entre contenido, pedagogía y tecnología, el neuroaprendizaje aporta criterios sobre atención y memoria, la autorregulación y la metacognición explican el control del proceso, el aprendizaje basado en proyectos sitúa la tarea en problemas de aplicación, las simulaciones acercan la experiencia experimental, la gamificación estructura el reto y el aprendizaje multimedia orienta la representación del fenómeno, de modo que la evidencia ACRA se transforma en decisiones de aula con soporte teórico.

Con miras al aporte académico, el modelo organiza una contribución teórica al proponer un lenguaje para pensar la mediación TIC en química, una contribución metodológica al vincular baremos, normalidad y Kruskal Wallis con perfiles de aprendizaje, una contribución praxeológica al traducir resultados en secuencias diferenciadas y una contribución contextual al reconocer la escuela rural como escenario de innovación situada, así, Leticia puede avanzar con mayor autonomía relativa, San Isidro demanda apoyo en codificación y Garzones requiere acompañamiento desde el ingreso de información hasta su recuperación y regulación durante la tarea química.

Leída frente a la evidencia internacional, el presente estudio matiza la idea de eficacia tecnológica en química, pues Woldemariam et al. (2024) reportan efectos favorables en logro, actitud y retención, aunque los resultados analizados muestran que tales efectos dependen de la forma como cada estudiante adquiere, transforma, recupera y regula la información durante la tarea científica, Ali y Ullah (2025) refuerzan esta interpretación al vincular el laboratorio virtual con una práctica química delimitada, criterio que desplaza la discusión desde la presencia del recurso hacia la guía que ayuda a codificar procedimientos, representar modelos y convertir la interacción digital en razonamiento aplicable.

Ahora bien, desde la producción situada en Montería, la comparación nacional adquiere mayor precisión con Guzmán y Arana (2025), quienes valoran la usabilidad de una aplicación TIC para enseñanza química en entornos rurales y aportan indicadores sobre facilidad de uso, eficacia, accesibilidad y satisfacción, sin embargo, los hallazgos del artículo amplían esa lectura al mostrar que la aceptación del recurso no basta para explicar aprendizaje, puesto que la homogeneidad inicial del pretest puede ocultar diferencias estratégicas entre instituciones, por esta razón, FORTIC-Q desplaza el énfasis desde la herramienta hacia una arquitectura didáctica que ajusta mediación, lúdica y acompañamiento según perfiles reales de aprendizaje.

Vista desde el constructo teórico, la ampliación de los resultados impide interpretar innovación educativa como efecto automático del recurso digital, puesto que el dato estadístico identifica diferencias entre instituciones y el modelo traduce esas diferencias en decisiones didácticas graduadas, FORTIC-Q ubica el rol docente como intención que define el propósito formativo, sitúa las TIC como mediación representacional de fenómenos y modelos, incorpora la lúdica como impulso de participación disciplinar y reconoce la ruralidad como condición que modula la aplicación, con lo cual la competencia química aparece como resultado de una secuencia ajustada a evidencia y no como consecuencia directa de usar tecnología. Bajo esa clave metodológica, el recorrido del estudio aporta una ruta transferible para trabajos con muestras rurales y distribuciones no normales, porque integra baremos institucionales, verificación de normalidad, comparación mediante Kruskal Wallis y lectura de perfiles estratégicos de aprendizaje, esta secuencia evita que la estadística quede como formalismo técnico y la convierte en criterio para decidir cómo interpretar los datos, de tal modo que futuras réplicas pueden incorporar posttest, grupos control y seguimiento longitudinal para valorar cambios en desempeño químico, formas de estudio y aprovechamiento de mediaciones TIC después de una intervención sostenida.

En sede aplicativa, los resultados orientan una clase de química mediada por TIC que inicie con un diagnóstico breve de estrategias de aprendizaje, avance hacia retos vinculados con fenómenos próximos al estudiante, incorpore simulaciones o recursos visuales para conectar niveles de representación, solicite productos explicativos y cierre con retroalimentación sobre el modo de estudiar, esta secuencia responde a las cuatro escalas ACRA, dado que una animación molecular o un laboratorio virtual carecen de alcance formativo si no se acompaña el ingreso de información, su organización conceptual, su evocación ante problemas y el mantenimiento del esfuerzo durante la tarea.

Por vía analógica, FORTIC-Q abre una línea de análisis denominada reacción didáctica catalizada, categoría que toma del lenguaje químico una estructura explicativa para pensar el aprendizaje escolar sin convertir la metáfora en adorno, en ella, formación docente y TIC actúan como reactivos que requieren condiciones rurales concretas, la lúdica acelera la implicación con la tarea y la retroalimentación regula el proceso hasta producir competencia científica, esta imagen conserva valor académico porque muestra que aprender química depende de proporciones pedagógicas, energía de mediación, control del avance y condiciones específicas para que el producto formativo pueda consolidarse.

Tabla 3: Síntesis de resultados inferenciales

Resultado	Dato principal	Interpretación para la mediación TIC
Pretest por institución	Kruskal Wallis = 1,029; gl = 2; sig. = 0,598; N = 155	Las instituciones parten de una base estadísticamente comparable en rendimiento químico, lo cual evita atribuir diferencias estratégicas a ventajas iniciales de desempeño.
ACRA Escala 1: adquisición	Kruskal Wallis = 12,777; sig. = 0,002; rangos: Garzones 71,51; San Isidro 79,67; Leticia 102,01	La entrada de información exige apoyos diferenciados, con mayor guía para Garzones y mayor autonomía relativa para Leticia.
ACRA Escala 2: codificación	Kruskal Wallis = 8,957; sig. = 0,011; rangos: Garzones 80,19; San Isidro 68,18; Leticia 97,88	La transformación de información química requiere organizadores, simulaciones guiadas y traducción entre fenómeno, modelo y símbolo, con énfasis en San Isidro.
ACRA Escala 3: recuperación	Kruskal Wallis = 18,924; sig. = 0,001; rangos: Garzones 66,15; San Isidro 89,16; Leticia 102,85	La evocación de información para responder tareas químicas demanda bancos de preguntas, explicación oral, diálogo y retroalimentación, especialmente en Garzones.
ACRA Escala 4: apoyo	Kruskal Wallis = 16,070; sig. = 0,001	La regulación del esfuerzo y la persistencia frente a tareas químicas deben incorporarse dentro de la secuencia TIC mediante metas, monitoreo y acompañamiento.

Nota. Elaboración propia a partir de la investigación doctoral y del Capítulo V FORTIC-Q.

Desde sus límites de transferencia, FORTIC-Q requiere una proyección prudente, puesto que sus resultados proceden de tres instituciones rurales y de una aplicación circunscrita a un ciclo escolar determinado, extenderlo sin nuevas validaciones reproduciría el traslado acrítico de soluciones que el propio modelo cuestiona, ante esa cautela, el artículo lo asume como aporte situado con posibilidad de adaptación, lo cual

supone examinar conectividad, dotación tecnológica, formación docente, cultura escolar, tiempo de clase y disposición estudiantil antes de ejecutar su secuencia completa en territorios con condiciones distintas. Tal delimitación fortalece el cierre argumentativo, porque el aporte no reside únicamente en diseñar un modelo, sino en mostrar cómo los resultados obligan a replantear el vínculo entre tecnología, estrategias de aprendizaje y competencia química, pues el pretest ofrece una base comparativa, las escalas ACRA revelan necesidades que el promedio no muestra.

DISCUSIÓN

A la luz de los resultados obtenidos, la discusión interpreta la mediación TIC en química rural como un proceso que depende de la relación entre desempeño inicial, perfil estratégico de aprendizaje y decisión didáctica situada, dado que la equivalencia del pretest entre Garzones, San Isidro y Leticia no eliminó las diferencias observadas en la forma de adquirir, codificar, recuperar y apoyar el procesamiento de la información, de ahí que el análisis avance más allá del puntaje y examine cómo cada grupo necesita una mediación distinta para convertir el recurso digital en comprensión química, explicación de fenómenos y uso académico del conocimiento científico.

En el trazado circular del modelo MERAC-TIC, el diagnóstico estratégico ocupa la entrada del ciclo porque organiza el punto de partida antes de seleccionar la mediación, dado que el pretest identifica el desempeño inicial y ACRA revela cómo cada grupo ingresa, transforma, recupera y regula información durante la tarea química, Rosero y Torres (2025) aportan a esta lectura al mostrar que las competencias científicas requieren reconocer niveles de desempeño antes de proponer intervenciones, de modo que la figura convierte la medición en criterio pedagógico y evita que el recurso digital se elija por disponibilidad, preferencia docente o apariencia innovadora. A continuación, el ciclo estratégico representacional para el aprendizaje comprensivo de la química con TIC, a saber:

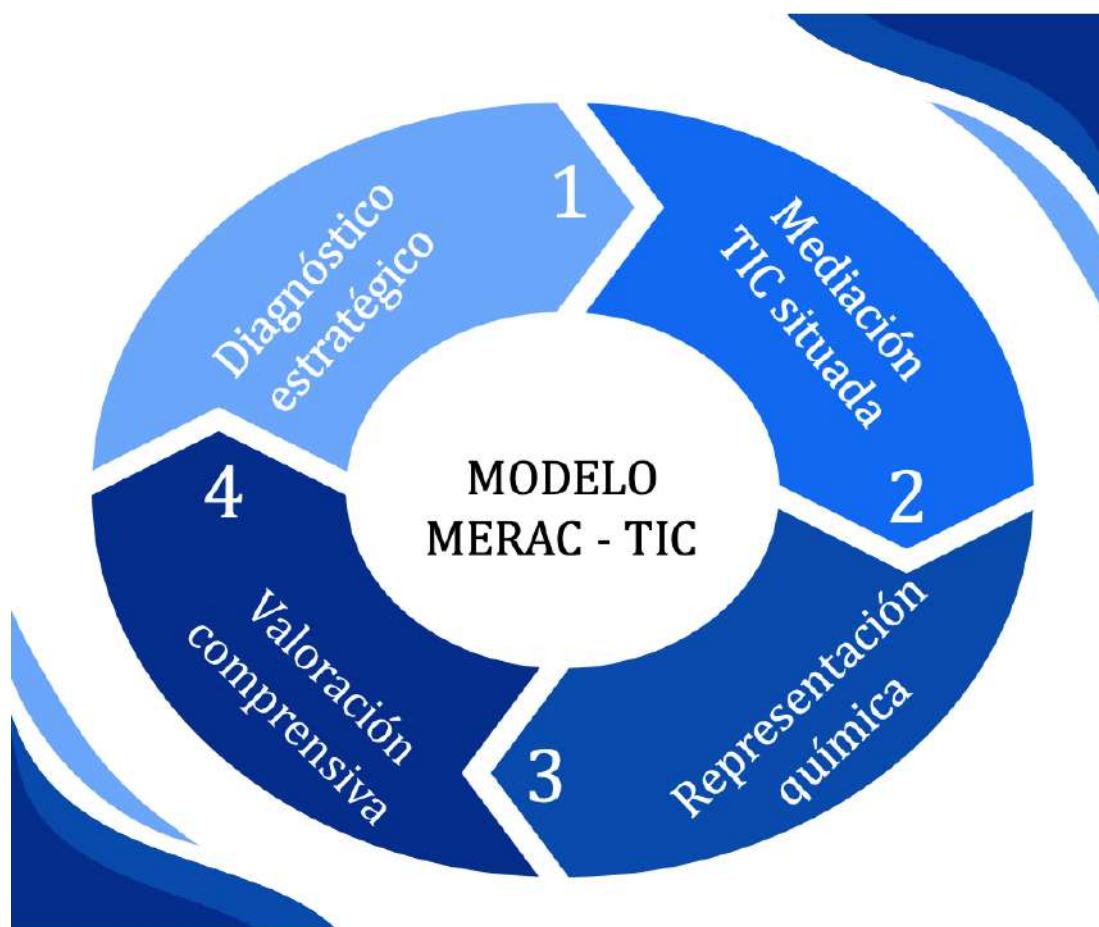


Fig. 1: Modelo MERAC-TIC, Nota. Pretest, ACRA, fenómeno, modelo, símbolo, desempeño y ajuste didáctico. Elaboración propia (2026)

El segundo movimiento del esquema ubica la mediación TIC situada como paso que traduce el diagnóstico en decisiones de aula, pues el recurso tecnológico actúa como medio para aproximar al estudiante a fenómenos químicos que requieren representación guiada, García (2024), resulta pertinente al relacionar herramientas digitales con educación científica, aporte que ayuda a comprender que videos, simuladores o laboratorios virtuales deben elegirse según la demanda del contenido, el nivel de autonomía del grupo y la evidencia esperada, de modo que la mediación responda al perfil estratégico y no a una aplicación uniforme. El componente de representación química expresa el núcleo disciplinar de la figura, porque el aprendizaje comprensivo requiere que el estudiante pase del fenómeno observable al modelo explicativo y luego al símbolo que condensa la relación científica, Ramos (2020) ayuda a sustentar esta orientación al concebir la enseñanza de la química como una tarea situada ante problemas complejos, de manera que MERAC-TIC no representa una secuencia tecnológica simple, sino un recorrido donde cada recurso debe ayudar a convertir la observación en explicación, la explicación en lenguaje químico y el lenguaje químico en respuesta académica argumentada.

La valoración comprensiva cierra el ciclo al desplazar el desempeño desde el resultado numérico hacia la evidencia de uso razonado del conocimiento, pues el estudiante demuestra avance si recupera información, justifica procedimientos y explica fenómenos con apoyo en modelos y símbolos, Ramos (2025) aporta a esta interpretación al vincular la práctica docente reflexiva con saberes construidos en ruralidad, de modo que la figura adquiere función integradora dentro del artículo porque une diagnóstico, mediación, representación y valoración en una ruta que reconoce diferencias institucionales y orienta decisiones pedagógicas ajustadas al aprendizaje químico.

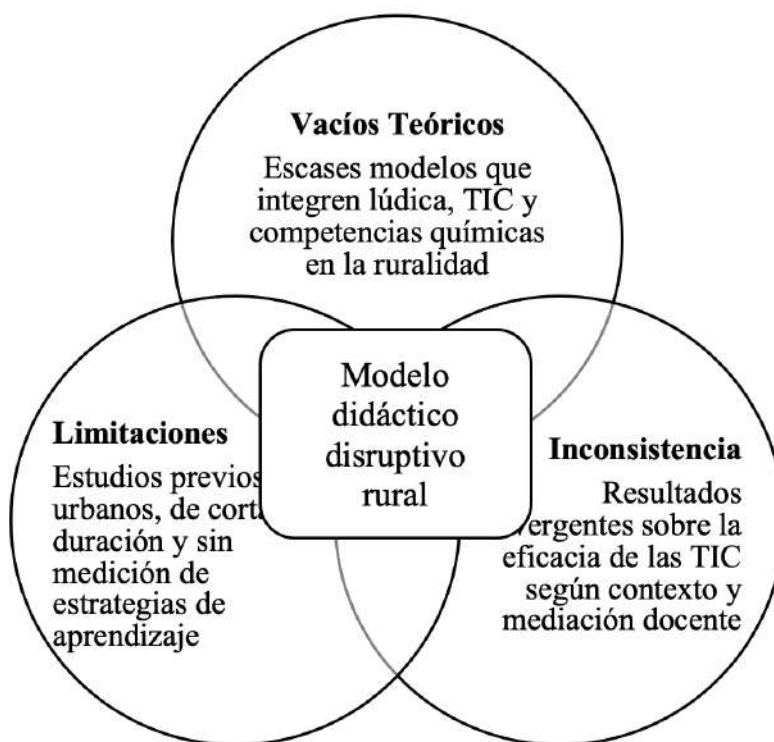


Fig. 2: Intersección de vacíos teóricos, inconsistencias y limitaciones de los estudios previos, Nota. El diagrama de conjuntos identifica, en la zona de intersección, el espacio de oportunidad que fundamenta el modelo didáctico disruptivo rural. Fuente: elaboración propia.

El diagrama de intersección ubica el origen del modelo en tres carencias que convergen sobre un mismo punto de oportunidad, pues los vacíos teóricos muestran escasez de propuestas que integren lúdica, TIC y competencias químicas en ruralidad, mientras las inconsistencias advierten resultados divergentes sobre eficacia tecnológica según mediación docente y condiciones escolares, a su vez, las limitaciones señalan estudios previos centrados en ámbitos urbanos, con corta duración y sin medición de estrategias de aprendizaje, Woldemariam et al. (2024) aportan un marco de contraste porque reportan efectos favorables de tecnología en química, aunque dichos efectos requieren lectura situada antes de derivar decisiones pedagógicas transferibles.

El centro del esquema, denominado modelo didáctico disruptivo rural, sintetiza el desplazamiento argumentativo del artículo, dado que no basta con reconocer vacíos, inconsistencias o restricciones metodológicas por separado, sino interpretar su cruce como zona donde nace una arquitectura de mediación capaz de responder a desempeños, perfiles estratégicos y condiciones escolares concretas, García Bello (2024) ayuda a comprender este punto al vincular innovación educativa con prácticas pedagógicas mediadas por TIC, de modo que el aporte visual no funciona como resumen ornamental, sino como criterio discursivo para justificar por qué FORTIC-Q deriva de evidencia, ruralidad y necesidad de mediación diferenciada

CONCLUSIÓN

Los hallazgos indican que Garzones, San Isidro y Leticia partieron de una base comparable en rendimiento químico, aunque esa cercanía estadística no equivalió a una forma común de aprender, pues ACRA mostró diferencias en adquisición, codificación, recuperación y apoyo al procesamiento, esta distinción orienta el cierre interpretativo del manuscrito al separar el puntaje inicial del perfil estratégico que condiciona el aprovechamiento de una mediación TIC, con ello, el análisis impide asumir una solución tecnológica uniforme y conduce hacia secuencias didácticas ajustadas a necesidades cognitivas y metacognitivas propias de cada institución rural.

El valor pedagógico de las TIC en química se define por su relación con el recurso elegido, la tarea disciplinar, la mediación docente y el modo de aprender de cada grupo, dado que Leticia mostró mayor solvencia estratégica para trabajar con secuencias de autonomía relativa, San Isidro requiere apoyo más intenso en codificación y Garzones demanda acompañamiento desde el ingreso de información hasta su recuperación y regulación, esta lectura convierte la innovación rural en un proceso que inicia con diagnóstico, avanza mediante diseño diferenciado y culmina con valoración formativa del uso comprensivo del conocimiento científico.

La revisión de antecedentes nacionales e internacionales amplió el alcance de la discusión al mostrar que laboratorios virtuales, gamificación, simuladores, herramientas web y aplicaciones educativas aportan a la enseñanza química si responden a una secuencia con sentido disciplinar, por esa razón, el manuscrito no toma dichos referentes como recetas transferibles, sino como criterios para interpretar los hallazgos de Montería desde ruralidad, contenido químico y perfiles de aprendizaje, además, las figuras incorporadas a la discusión refuerzan que FORTIC-Q nace del cruce entre necesidad didáctica, evidencia inferencial, vacíos teóricos, analogía química y aplicación situada.

El límite principal del artículo reside en trabajar con datos procedentes de un corpus empírico específico, razón por la cual sus conclusiones deben asumirse como interpretación científica situada y no como generalización inmediata, futuras versiones pueden integrar posttest, seguimiento longitudinal, entrevistas docentes y evidencias de aula para ampliar la lectura de efectos y condiciones de transferencia, en síntesis, el aporte al campo consiste en discutir la mediación TIC desde evidencia, estrategia de aprendizaje y construcción teórica, mostrando que la tecnología fortalece el aprendizaje químico si converge con formación docente, lúdica planificada, acompañamiento cognitivo y atención a la ruralidad escolar.

REFERENCIAS

- Ajlouni, A., Wahba, F. A.-A., Naccache, H., AlOmary, A., & Ibrahim, A. (2025). The impact of gamification-assisted instruction on the acquisition of scientific concepts and attitudes towards science class among elementary school students. *European Journal of Educational Research*, 14(2), 485–500. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.14.2.485>
- Ali, N., & Ullah, S. (2025). The effect of interactive tutorial information and purpose built virtual chemistry laboratory on students' performance. *Multimedia Tools and Applications*, 84, 18873–18892. <https://doi.org/10.1007/s11042-024-19808-2>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2023). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (6th ed.). SAGE Publications.
- García Bello, A. S. (2024). Prácticas pedagógicas y TIC: Elementos integradores para la innovación educativa. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 7408–7425. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12913
- Guzmán Zapa, R. D., & Arana Medina, C. M. (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://doi.org/10.70625/rice/164>
- Iyamuremye, A., Twagilimana, I., & Niyonzima, F. N. (2025). Investigating the impact of using web-based discussion tools on students' conceptual understanding and 21st century skills development in

- organic chemistry education. *Discover Education*, 4, Article 187. <https://doi.org/10.1007/s44217-025-00548-w>
- Kolil, V. K., & Achuthan, K. (2024). Virtual labs in chemistry education: A novel approach for increasing student's laboratory educational consciousness and skills. *Education and Information Technologies*, 29, 25307–25331. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12858-x>
- Kruskal, W. H., & Wallis, W. A. (1952). Use of ranks in one criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 47(260), 583–621. <https://doi.org/10.1080/01621459.1952.10483441>
- Lutfi, A., Aftinia, F., & Permani, B. E. (2023). Gamification: Game as a medium for learning chemistry to motivate and increase retention of students' learning outcomes. *Journal of Technology and Science Education*, 13(1), 193–207. <https://doi.org/10.3926/jotse.1842>
- Manyilizu, M. C. (2023). Effectiveness of virtual laboratory vs. paper-based experiences to the hands-on chemistry practical in Tanzanian secondary schools. *Education and Information Technologies*, 28, 4831–4848. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11327-7>
- Medina Cruz, H., Lagunes Domínguez, A., & Guerra Ramos, M. T. (2020). ¿Qué aportan las tecnologías de la información y comunicación en la enseñanza de las ciencias? *Revista Digital Universitaria*, 21(3), 3–12. <https://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2020.v21n3.a9>
- Méndez Pinto, F. F. (2023). Las competencias científicas de los estudiantes de grado 11 de instituciones públicas de Montería. *Revista Ecosistema*, 1(1), 10–18. <https://doi.org/10.71041/ecosistema.v1i1.1>
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Molina Ramos, K., & Restrepo Jiménez, L. C. (2025). Un estudio con enfoque holístico para fortalecer competencias científicas en la era digital. *Revista Latinoamericana Ogmios*, 5(12), 1–13. <https://doi.org/10.53595/rlo.v5.i12.115>
- Palacios, A., Pascual, V., & Moreno-Mediavilla, D. (2024). Methodological design in the use of virtual simulations in chemistry: A systematic review. *Journal of Technology and Science Education*, 14(3), 701–719. <https://doi.org/10.3926/jotse.2357>
- Pintrich, P. R., & De Groot, E. V. (1990). Motivational and self-regulated learning components of classroom academic performance. *Journal of Educational Psychology*, 82(1), 33–40. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.82.1.33>
- Rahman, H., Wahid, S. A., Ahmad, F., & Ali, N. (2024). Game-based learning in metaverse: Virtual chemistry classroom for chemical bonding for remote education. *Education and Information Technologies*, 29, 19595–19619. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12575-5>
- Ramos Caballero, E. J., Argüello Suárez, I. D., & Pérez Polo, I. D. (2025). Active methodologies: Development of scientific competencies in academic students. *Unaciencia, Revista de Estudios e Investigaciones*, 18(34), 4–26. <https://doi.org/10.35997/unaciencia.v18i34.84>
- Ramos Castellar, C. I. (2025). Práctica docente reflexiva en ciencias naturales: Saberes y teoría desde la ruralidad. *Avances en Educación y Humanidades*. <https://orcid.org/0000-0002-7807-4320>
- Ramos Mejía, A. (2020). Enseñar química en un mundo complejo. *Educación Química*, 31(2), 91–101. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2020.2.70401>
- Ríos Muñoz, V. I., & Soto Araújo, R. L. (2024). Desarrollo de la competencia científica, explicación de fenómenos naturales, mediado por el uso de simuladores. *Revista Científica Hilos Pedagogía, Innovación y Cultura Digital*, 1(1), 35–46. <https://doi.org/10.32997/rchicd-2024-5015>
- Rojas Salazar, M. (2017). Estrategias cognitivas y los niveles de comprensión lectora en los estudiantes del VI ciclo del nivel secundaria de la Institución Educativa nro. 6081 Manuel Scorza Torres de San Gabriel Alto en Villa María del Triunfo. *Cybertesis UNMSM*. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/7020>
- Rosero Ortega, T. de J., & Torres Ortiz, J. A. (2025). Competencias científicas a través de los entornos de las Ciencias Naturales en estudiantes de educación básica. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, 17(37), e3624. <https://doi.org/10.22430/21457778.3624>
- Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality. *Biometrika*, 52(3–4), 591–611. <https://doi.org/10.1093/biomet/52.3-4.591>
- Valencia-Jiménez, N. N., Ortega-Montes, J. E., & Hernández Álvarez, I. de J. (2024). Significados de educación científica desde la experiencia de adolescentes escolarizados en el departamento de Córdoba, Colombia. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 23(1), 1–20. <https://doi.org/10.11600/rlcsnj.23.1.6411>
- Woldemariam, D. Y., Ayele, H. S., Kedanemariam, D. A., Mengistie, S. M., & Beyene, B. B. (2024). Effects of technology-assisted chemistry instruction on students' achievement, attitude, and

retention capacity: A systematic review. *Education and Information Technologies*, 29(11), 13763–13785. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12411-2>

Zimmerman, B. J., & Schunk, D. H. (2011). *Handbook of self-regulation of learning and performance*. Routledge.