



Avendaño-Villa, I., Feris-Carrascal, J., Jiménez-Almeira, Y. y Guerrero-Cuentas, H. (2026). Desarrollo de competencias metacognitivas en estudiantes de secundaria desde la mediación didáctica de la metodología STEAM. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 40(2), 95-110.

<https://doi.org/10.6018/rifop.708051>

Desarrollo de competencias metacognitivas en estudiantes de secundaria desde la mediación didáctica de la metodología STEAM

Development of metacognitive skills in secondary school students through the didactic mediation of the STEAM methodology

Inírida Avendaño-Villa

Universidad de la Costa (Barranquilla, Colombia), <https://orcid.org/0000-0002-9845-235X>

Jaime Feris-Carrascal

Alcaldía Distrital (Barranquilla, Colombia). <https://orcid.org/0009-0001-7234-5361>

Yaneth Jiménez-Almeira

Universidad de la Costa (Barranquilla, Colombia). <https://orcid.org/0009-0007-5274-780X>

Hilda Guerrero-Cuenta

Universidad de la Costa (Barranquilla, Colombia), <https://orcid.org/0000-0002-8130-7519>

Resumen

La investigación analiza la eficacia de la didáctica STEAM en el fortalecimiento de los procesos metacognitivos en el nivel de básica secundaria. El objetivo fue diseñar y validar una propuesta pedagógica mediada por Inteligencia Artificial para reducir la brecha entre la valoración conceptual y la praxis educativa. Metodológicamente, se empleó un enfoque mixto con un diseño descriptivo-propositivo sobre una muestra estratificada de 254 participantes (200 estudiantes, 50 docentes y 4 directivos). Los instrumentos, validados por juicio de expertos y consistencia interna, incluyeron análisis documental y cuestionarios tipo Likert. Los resultados del análisis factorial exploratorio identificaron que la dimensión metacognitiva explica el 28 % de la varianza total, evidenciando una desconexión crítica: aunque el 75 % de los estudiantes utiliza tecnología habitualmente, solo el 57 % realiza monitoreo consciente de su aprendizaje. Se concluye que la implementación de la plataforma “Mente STEAM: Aprendizaje y Metacognición”, facilita la conexión interdisciplinar en un 82 % de los casos, consolidándose como un modelo predictivo eficaz para la autorregulación académica en contextos de alta complejidad tecnológica.

Palabras clave: Metodología STEAM; metacognición; innovación educativa; análisis factorial exploratorio; triangulación metodológica.

Abstract

This research examines the effectiveness of STEAM pedagogical models in enhancing metacognitive processes among secondary school students. The study aimed to design and validate an AI-mediated instructional framework to bridge the gap between conceptual understanding and educational practice. Adopting a mixed-methods approach with a descriptive-propositive design, the study utilized a stratified sample of 254 participants (200 students, 50 teachers, and 4 administrators). Instruments were validated through expert judgment and internal consistency measures, including document analysis and Likert-scale questionnaires. Exploratory factor analysis (EFA) revealed that the metacognitive dimension accounts for 28 % of the total variance, uncovering a critical discrepancy: while 75 % of students engage with technology regularly, only 57 % demonstrate conscious self-monitoring of their learning. The findings suggest that the 'STEAM Mind: Learning and Metacognition' platform fosters interdisciplinary integration in 82 % of cases, establishing itself as a robust predictive model for academic self-regulation within technologically complex environments.

Keywords: *STEAM methodology; Metacognition; Educational innovation; Exploratory factor analysis; Methodological triangulation.*

Introducción

La transformación de los ecosistemas educativos contemporáneos está supeditada a la transición de modelos transmisivos de baja demanda cognitiva hacia enfoques integrados que fomenten la agencia epistémica del estudiante. En este escenario, la metodología STEAM se ha posicionado como el marco interdisciplinario de referencia para cultivar habilidades de orden superior, articulando la Ciencia, la Tecnología, la Ingeniería, las Artes y las Matemáticas en una unidad funcional que trasciende la fragmentación curricular tradicional (Segovia et al., 2023; Guanotuña et al., 2024). No obstante, el potencial transformador de STEAM no reside únicamente en su capacidad de integración disciplinar, sino en su función como catalizador de la metacognición, definida como la capacidad de monitorear, regular y evaluar activamente los propios procesos de pensamiento (Valenzuela, 2019). Esta transición exige que la innovación no sea un acto aislado, sino un componente medular de la gestión institucional (Rodríguez et al., 2023; Rodríguez, 2024); al respecto, Avendaño et al. (2023) subrayan que la gestión de la innovación en programas de formación debe operacionalizarse mediante una praxis pedagógica sistémica que atienda tanto las expectativas del sujeto como los requerimientos del entorno.

A nivel global, marcos normativos como "El Futuro de la Educación y las Habilidades 2030" de la OCDE subrayan que la autonomía del aprendiz es la piedra angular de la competitividad en la Cuarta Revolución Industrial. Sin embargo, la evidencia empírica en el contexto colombiano revela una disonancia paradigmática severa. Los resultados de las pruebas PISA 2022 sitúan a Colombia con un puntaje promedio de 383 en ciencias, significativamente inferior al promedio OCDE de 485 puntos. Más alarmante resulta el indicador estadístico que señala que solo el 1 % de los estudiantes colombianos alcanza niveles de competencia 5 o 6, los cuales exigen procesos de transferencia y aplicación creativa del conocimiento científico. Esta brecha no es de contenido procedimental, sino de arquitectura cognitiva y capacidad autorreguladora.

En el nivel institucional, el diagnóstico realizado en la I.E.D Marco Fidel Suárez y la I.E.D Técnico el Santuario identifica una inercia pedagógica donde el error es penalizado, inhibiendo el proceso iterativo de diseño y mejora que fundamenta la ingeniería y la ciencia. La fragmentación del horario escolar en bloques de 50 minutos constituye una barrera estructural para la realización de proyectos STEAM de largo aliento, los cuales requieren una inmersión reflexiva profunda. Se ha detectado que el discurso institucional valora la innovación, pero la praxis real carece de mecanismos de formación docente y de espacios físicos diseñados específicamente para implementar el enfoque STEAM, y necesarios para permeare el currículo.

La metacognición se operacionaliza mediante dos dimensiones técnicas: el Conocimiento

Metacognitivo (conciencia de variables personales, de tarea y estratégicas) y la Regulación Metacognitiva (planificación, monitoreo y evaluación). El andamiaje vygotskiano sugiere que estas funciones superiores se originan en el plano social antes de ser internalizadas, lo que posiciona al Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) como el vehículo didáctico predilecto para STEAM. Sin embargo, la literatura nacional (Loaiza et al., 2024; Sánchez et al., 2024) advierte sobre una "brecha de implementación" donde las metodologías activas se aplican de forma incidental y no sistemática (Rodríguez, 2025).

Este estudio se justifica por su relevancia científica al generar evidencia empírica sobre modelos educativos que responden a la complejidad; relevancia social al promover la equidad mediante el fomento de vocaciones científicas según la Ley 2314 de 2023; y relevancia contemporánea al alinear el sistema escolar con la economía del conocimiento. La investigación formuló el siguiente interrogante central: ¿De qué manera una propuesta didáctica mediada por la herramienta "Mente STEAM" e inteligencia artificial contribuye a la maduración de los procesos metacognitivos en estudiantes de básica secundaria? Tuvo como objetivo analizar de diseñar y validar un modelo pedagógico, para identificar los indicadores de apropiación conceptual y procedimental que reconfiguran la capacidad de aprendizaje autónomo.

Método

Diseño de la investigación

La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, sustentado en un paradigma racionalista-crítico. Este marco permitió trascender la descripción de fenómenos educativos para abordar la problemática mediante un análisis sistemático fundamentado en la razón y la transformación de la praxis pedagógica. El diseño fue de corte documental, de campo y propositivo, estructurado en fases secuenciales de diagnóstico, diseño y validación.

Participantes

El diseño muestral fue de carácter no probabilístico; se estratificó de la siguiente forma: 200 estudiantes de octavo grado de educación básica secundaria, con una distribución equitativa (100 sujetos por institución) entre la I.E.D. Marco Fidel Suárez y la I.E.D. Técnico el Santuario en Barranquilla, 50 docentes vinculados a diversas áreas curriculares y 4 directivos docentes seleccionados por su rol estratégico en la gestión académica e institucional.

Instrumentos de Recolección de Datos

Para la recolección de información empírica, se diseñaron y aplicaron los siguientes instrumentos: a) Matrices de Análisis de Contenido, las cuales fueron utilizadas para la evaluación sistemática de los Proyectos Educativos Institucionales (PEI), planes curriculares y modelos pedagógicos; b) Cuestionarios Estructurados, los cuales fueron aplicados a estudiantes y docentes de las dos instituciones. Los cuestionarios estaban conformados por aseveraciones en escala de Likert de cinco niveles, estos incluían 12 ítems cada uno, evaluados en cinco niveles de respuesta (1: Totalmente en desacuerdo; 5: Totalmente de acuerdo). y las dimensiones evaluadas incluyeron didáctica, currículo, ciencia, tecnología, arte y procesos metacognitivos. Entrevistas Semiestructuradas, aplicadas a docente y directivos para la identificación de barreras estructurales, presupuestales y de política institucional.

Validez y Confiabilidad

La rigurosidad técnica de los instrumentos fue garantizada sometiendo a un proceso de validez de contenido (Robles & Rojas, 2015) mediante juicio de expertos (Escobar & Cuervo, 2008), quienes debían cumplir los criterios: a) poseer grado de Doctor; b) tener desarrollo en publicaciones científicas; y c) manejo de la metodología de investigación mixta. Se les pedía valorar la suficiencia,

claridad, coherencia y pertinencia de los ítems en relación con las variables "Didáctica STEAM" y "Desarrollo Metacognitivo". La confiabilidad estadística se determinó mediante una prueba piloto y el cálculo del coeficiente Alfa de Cronbach, asegurando la consistencia interna necesaria para el tratamiento estadístico inferencial. Para comprobar la fiabilidad del cuestionario se utilizó el "Alfa de Cronbach" obteniéndose un valor de 0.86 por lo que se considera que la fiabilidad del cuestionario es muy buena (Oviedo & Campo, 2005).

Tratamiento de datos

El procesamiento de la información cuantitativa se realizó mediante estadística descriptiva (frecuencias y porcentajes) y un Análisis Factorial Exploratorio (AFE) para identificar los constructos subyacentes. Previo al AFE, se verificó la adecuación muestral mediante el Índice Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y la prueba de esfericidad de Bartlett, obteniendo valores que justificaron la aplicación del modelo. La triangulación metodológica permitió contrastar las percepciones de los actores con los hallazgos del análisis documental.

Resultados

El procesamiento de la información se dividió en tres fases: un análisis univariado de frecuencias para las percepciones de los participantes (estudiantes y docentes), un análisis multivariado mediante Análisis Factorial Exploratorio (AFE) para validar la estructura del constructo, y una triangulación para identificar tensiones sistémicas.

Análisis de la Arquitectura Cognitiva y Tecnológica Estudiantil

La recolección de datos en la muestra de 200 estudiantes permitió cuantificar la frecuencia de los procesos de autorregulación y el uso de mediaciones STEAM. En la Figura 1 se visualiza de manera comparativa las percepciones estudiantiles frente a las prácticas pedagógicas asociadas a los enfoques STEAM y metacognitivo y en la Tabla 1 se muestra la matriz de análisis del cuestionario aplicado a los estudiantes.

Figura 1
Diagrama de barras con la información obtenida del cuestionario a estudiantes

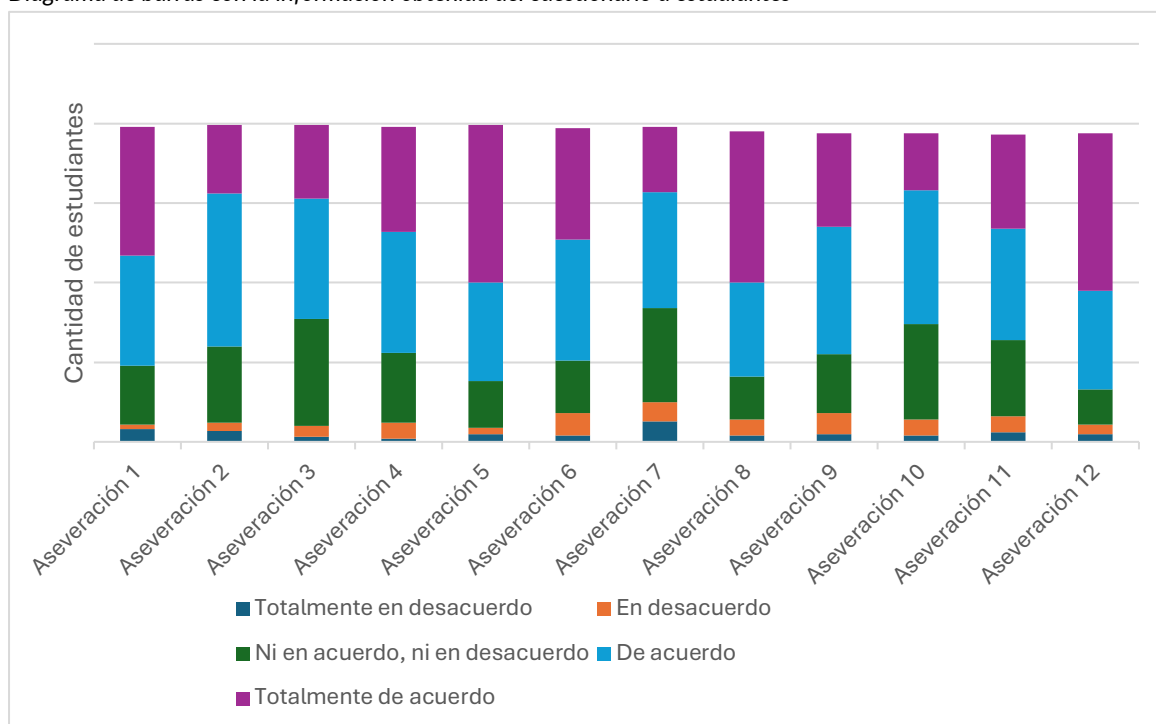


Tabla 1
Matriz de análisis del cuestionario aplicado a los estudiantes

	Aseveración asociada	Dimensión	Tendencia cuantitativa destacada	Interpretación
1	Utilizo la tecnología como herramienta esencial para resolver situaciones problemas presentadas en cualquier contexto educativo.	Didáctica	75 % en niveles de acuerdo	Los estudiantes reconocen la tecnología como parte de sus prácticas escolares, aunque muchos lo hacen de forma superficial, sin procesos estructurados de resolución de problemas.
2	Cuando trabajamos en proyectos que combinan matemáticas, arte y tecnología, logro conectar mejor los conocimientos de distintas materias.	Curricular	69.5 % de acuerdo o totalmente de acuerdo	Hay evidencia de algunos proyectos interdisciplinarios, pero no generalizados ni articulados con todas las áreas.
3	Realizar experimentos para comprobar hipótesis me permite desarrollar habilidades de pensamiento crítico y análisis.	Científica	61 % en niveles de acuerdo	La experimentación está presente, pero con poca reflexión posterior; se requiere consolidar su función formativa.
4	Utilizar herramientas digitales (ej. programación, diseño 3D) en proyectos escolares mejora mi capacidad para resolver problemas de manera estructurada.	Tecnológica	71 % en niveles de acuerdo	Los estudiantes se sienten cómodos usando herramientas digitales, aunque no siempre las vinculan a procesos de pensamiento computacional.
5	Las actividades artísticas me ayudan a relacionar diversas áreas del conocimiento, a expresar mi creatividad y analizar problemas desde múltiples perspectivas.	Artística	80.5 % a favor	El arte es valorado como medio de expresión, pero no siempre articulado a proyectos interdisciplinarios.
6	Antes de comenzar una tarea, organizo un plan con pasos claros para alcanzar los objetivos propuestos.	Psicológica	73 % de estudiantes planifican antes de actuar	Hay una base positiva de autorregulación inicial, pero no siempre se vincula con objetivos de aprendizaje.
7	Durante las actividades, reviso constantemente si estoy entendiendo los temas y ajusto mi método de estudio si es necesario.	Cognitiva	57 % en niveles altos, 33 % en nivel medio	El monitoreo y ajuste del aprendizaje son menos frecuentes, lo que indica debilidad en la metacognición cognitiva.
8	Trabajar en equipo me ayuda a reflexionar sobre mis propias ideas al escuchar y discutir las perspectivas de mis compañeros.	Sociocultural	77 % de aceptación	El trabajo cooperativo es valorado como fuente de aprendizaje, aunque la reflexión crítica colectiva podría desarrollarse más.
9	Los materiales interactivos (ej. simuladores, videos educativos) facilitan mi comprensión de temas abstractos o complejos.	Pedagógica	69.5 % en acuerdo	Los estudiantes reconocen el valor de recursos lúdicos y visuales para apoyar el aprendizaje, aunque no siempre son consistentes.
10	Durante las actividades, tengo la oportunidad de planear según lo que deseo hacer, reflexionar sobre mi trabajo y mejorar con base en lo aprendido.	Cognitiva	60 % en niveles altos, 30 % en nivel medio	Hay una intención de mejorar, pero no siempre mediada por procesos reflexivos estructurados.

11	Las experiencias en la institución me permiten conocer y respetar diferentes culturas, a trabajar en equipo y a comprender las problemáticas a nivel global (cambio climático, situación sociopolítica, entre otros.).	Sociocultural	64.5 % en niveles de acuerdo	Los estudiantes reconocen la diversidad, aunque no siempre se promueve desde estrategias didácticas.
12	Durante las actividades realizadas, me permito pensar de manera diferente, crítica y encontrar soluciones creativas a situaciones planteadas.	Cognitiva	80.5 % en niveles altos	Se reconoce una disposición general hacia el pensamiento crítico y creativo, favorecida por el arte y la tecnología.

Análisis de la Mediación Pedagógica Docente

Los cuestionarios aplicados a los docentes permitieron explorar sus percepciones sobre el uso de metodologías activas, la integración curricular, el aprovechamiento de recursos tecnológicos y artísticos, así como la promoción de procesos metacognitivos en la práctica pedagógica. A partir de la frecuencia del cuestionario realizado por los docentes, se obtuvo una matriz interpretativa la cual sintetizaba los hallazgos obtenidos, permitiendo observar de manera estructurada las tendencias, interpretaciones y fundamentos teóricos asociados a cada dimensión analizada. En la Figura 2 se muestra la distribución de las respuestas docentes frente a cada una de las aseveraciones propuestas, lo cual permitió identificar patrones y niveles de acuerdo en relación con las prácticas STEAM y metacognitivas y en la Tabla 2 se muestra la matriz de análisis del cuestionario aplicado a los docentes.

Figura 2
 Diagrama de barras con la información obtenida del cuestionario a docentes

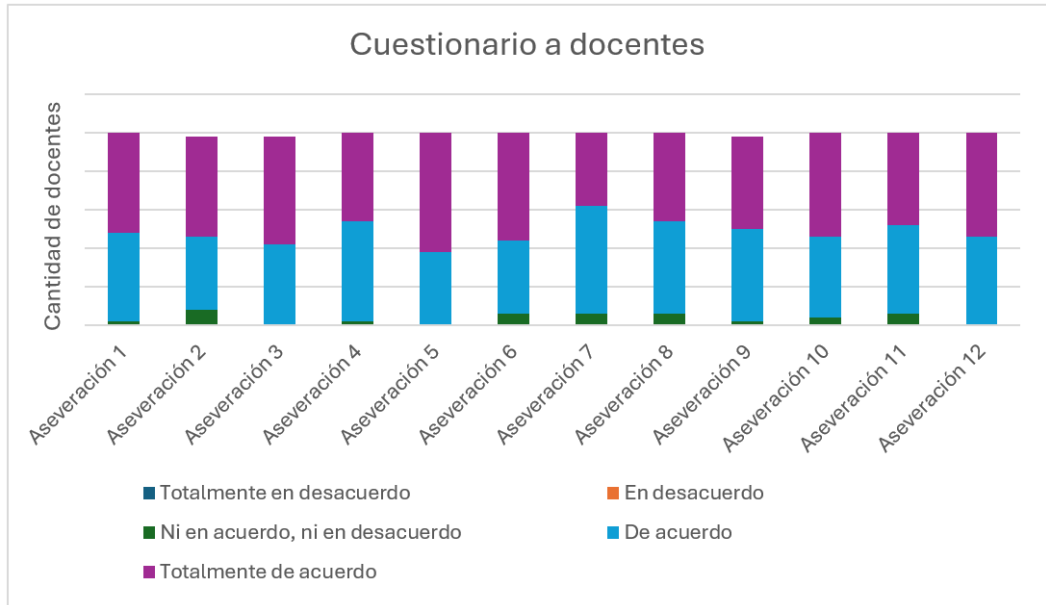


Tabla 2
 Matriz de análisis del cuestionario aplicado a los docentes

	Aseveración asociada	Dimensión	Tendencia cuantitativa destacada	Interpretación
1	La implementación del ABP en el aula promueve la reflexión metacognitiva al enfrentar a los	Didáctica	98 % en niveles de acuerdo	Los docentes reconocen el valor del ABP para el desarrollo metacognitivo,

	estudiantes a desafíos que requieren planificación y evaluación de estrategias			aunque su implementación aún no es generalizada
2	La articulación curricular entre ciencia, tecnología, arte y matemáticas estimula el desarrollo de habilidades metacognitivas, como la autorregulación y el pensamiento crítico	Curricular	90 % de acuerdo o totalmente de acuerdo	Se percibe el valor de integrar áreas en el currículo, aunque la articulación real requiere fortalecerse
3	La articulación curricular entre ciencia, tecnología, arte y matemáticas estimula el desarrollo de habilidades metacognitivas, como la autorregulación y el pensamiento crítico	Científica	98 % en acuerdo	El componente científico se percibe como eje integrador para fomentar el pensamiento crítico
4	El uso de herramientas digitales (ej. programación, simuladores) en proyectos STEAM favorece a la estructuración de procesos cognitivos complejos en los estudiantes	Tecnológica	98 % en acuerdo o total acuerdo	Hay una valoración alta del uso de TIC, pero con necesidad de acompañamiento didáctico estructurado
5	La inclusión de actividades artísticas en proyectos tecnológicos o científicos potencia la creatividad y la capacidad de innovación en los estudiantes	Artística	100 % en niveles altos	El arte es ampliamente reconocido como componente clave del enfoque STEAM
6	Las estrategias de mediación docente, como la retroalimentación reflexiva, promueve la autoevaluación y el ajuste de métodos de aprendizaje en los estudiantes	Psicológica	94 % en niveles de acuerdo	Se reconoce el poder formativo de la retroalimentación en la metacognición
7	Los proyectos STEAM promueven la práctica contextualizada, el pensamiento crítico y la reflexión estratégica, fortaleciendo la metacognición en estudiantes de básica secundaria	Cognitiva	94 % en acuerdo o total acuerdo	Hay consenso sobre el valor de STEAM, aunque algunos docentes aún lo aplican parcialmente
8	Las actividades que integran análisis de errores y replanteamiento de soluciones fortalecen la conciencia metacognitiva sobre el propio proceso de aprendizaje	Sociocultural	92 % de acuerdo o total acuerdo	Se reconoce la importancia del error como recurso pedagógico
9	La disposición de recursos tecnológicos y artísticos en el aula crea un entorno propicio para la experimentación y la exploración metacognitiva	Pedagógica	96 % en niveles altos	El ambiente físico influye en las posibilidades de exploración y reflexión
10	La planificación de actividades integradas bajo el enfoque STEAM permite al docente conectar los saberes disciplinares con situaciones reales del contexto	Pedagógica	96 % en niveles de acuerdo	Los docentes ven con buenos ojos la contextualización, aunque con desafíos de planificación
11	La promoción de espacios de reflexión sobre las estrategias de aprendizaje empleadas contribuye	Cognitiva	94 % en niveles altos	Se valora la necesidad de que los estudiantes reflexionen sobre su forma de aprender

	al fortalecimiento de la metacognición en los estudiantes			
12	El uso de recursos tecnológicos en proyectos STEAM potencia el trabajo colaborativo y el pensamiento crítico en las prácticas docentes	Tecnológica	100 % en acuerdo	El trabajo colaborativo y el pensamiento crítico son vistos como fortalezas del enfoque

Análisis Factorial Exploratorio (AFE)

Para trascender el nivel descriptivo, se aplicó un análisis factorial exploratorio (AFE) sobre los cuestionarios aplicados a estudiantes y docentes. Este procedimiento permitió agrupar los ítems en factores coherentes que explican la mayor parte de la varianza observada. Previo al análisis, se verificaron los supuestos de adecuación muestral mediante el Índice Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y la prueba de esfericidad de Bartlett, obteniendo valores adecuados que justifican la pertinencia de aplicar el modelo. Los resultados permitieron extraer cinco factores que explican el 75 % de la varianza total de la investigación. En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos del AFE.

Tabla 3

Estructura de Factores y Varianza Explicada mediante Análisis Factorial Exploratorio (AFE)

Factor	Denominación del Constructo	Varianza (%)	Indicadores Asociados
1	Dimensión Metacognitiva	28	Planificación, monitoreo activo, autorregulación del aprendizaje
2	Dimensión Didáctica-Pedagógica	15	Implementación de ABP, metodologías activas, trabajo colaborativo
3	Dimensión Curricular	120	Articulación interdisciplinar, proyectos transversales con el contexto
4	Dimensión Tecnológica	100	Uso pedagógico de TIC, pensamiento computacional, herramientas digitales
5	Dimensión Sociocultural/Artística	10	Creatividad, expresión, vínculo con la comunidad y el arte

La Tabla 3 constituye el soporte predictivo del estudio. El Factor 1 que aborda la dimensión metacognición, explica la mayor proporción de la varianza (28 %), lo que confirma que la capacidad de autorregulación es el núcleo donde reside la eficacia de cualquier intervención pedagógica en básica secundaria.

El Análisis Factorial Exploratorio (Tabla 3) proporcionó la validación técnica definitiva de la investigación. El hecho de que la dimensión metacognitiva explique el 28 % de la varianza total confirma que la autorregulación es el factor predictivo dominante del éxito académico en este contexto. El modelo de cinco factores obtenido explica el 75 % de la varianza total, un indicador de alta robustez técnica que sitúa a la interdisciplinariedad (12 % de varianza) y a la tecnología (10 % de varianza) no como fines en sí mismos, sino como variables mediadoras que alimentan el núcleo metacognitivo.

Análisis de las Percepciones de los Directivos

En la Tabla 4 se muestran la matriz de análisis que sintetiza las percepciones de los directivos, permitiendo observar de manera estructurada las dimensiones abordadas, las afirmaciones clave, las tendencias identificadas y su interpretación institucional respecto a la implementación del enfoque STEAM y la metacognición.

Tabla 4
Análisis de resultados de entrevista a directivos docentes

Dimensión	Afirmación clave	Tendencia general	Interpretación
Didáctica	Asignación presupuestal para recursos STEAM alineada al ABP	Debilitada	Los recursos STEAM no son prioridad institucional por falta de presupuesto o percepción de interés limitado
Curricular	Diseño curricular prioriza integración arte y tecnología	Mixta	Algunos docentes desarrollan proyectos transversales, pero no hay coherencia institucional
Científica	Fortalecimiento del pensamiento científico con preguntas orientadoras	Aceptada	El uso de preguntas orientadoras es valorado, aunque sin conexión explícita con prácticas STEAM
Tecnológica	Infraestructura tecnológica adecuada para pensamiento computacional	Deficiente	Fuerte limitación en recursos tecnológicos, lo que impide aplicar pensamiento computacional.
Artística	Proyectos arte-ciencia estimulan creatividad y reflexión	Fragmentada	Existe fragmentación: algunos equipos integran arte y ciencia, otros no lo implementan.
Psicológica	Políticas institucionales promueven planificación y evaluación metacognitiva	Ausente	No existen políticas institucionales claras de planificación metacognitiva
Cognitiva	Actividades que implican análisis de errores y estrategias	Limitada	Aunque se reconoce la importancia de la reflexión, no se integra sistemáticamente.
Sociocultural	Alianzas con instituciones para proyectos STEAM	Débil	Las alianzas con otras instituciones no se orientan necesariamente a proyectos STEAM.
Pedagógica	Espacios físicos diseñados para la autorregulación y experimentación	Insuficiente	Los espacios son limitados, lo que frena prácticas experimentales y activas
Tecnológica	Integración de herramientas digitales en propuestas STEAM	Condicional	El uso de tecnología no garantiza metacognición: depende del diseño y orientación pedagógica
Pedagógica	Prácticas activas y recursos didácticos favorecen metacognición	Condicional	Se reconoce el valor de prácticas activas, pero requieren más recursos y formación.
Sociocultural	Contexto sociocultural potencia el pensamiento metacognitivo	Aceptada	El contexto es valorado por los directivos como factor clave para el aprendizaje significativo

Las entrevistas realizadas a los directivos docentes permitieron indagar sobre las condiciones institucionales para implementar el enfoque STEAM y los procesos metacognitivos. A diferencia de estudiantes y docentes, los directivos ofrecieron una perspectiva más estratégica, vinculada a políticas, recursos y visión institucional. No obstante, también evidencia una serie de debilidades estructurales que obstaculizan la consolidación de prácticas pedagógicas integradoras. Entre estas, se encontraron la limitada asignación presupuestal para recursos STEAM, la fragmentación curricular, la débil articulación entre áreas, la falta de políticas institucionales claras sobre metacognición, y una infraestructura tecnológica insuficiente para el desarrollo del pensamiento computacional. A pesar de estas limitaciones, se identificaron puntos de partida valiosos, como el reconocimiento del contexto sociocultural como potencial para aprendizajes significativos y el interés en transformar el currículo hacia propuestas más activas y contextualizadas. Los directivos coincidieron en que se requiere mayor formación docente, acompañamiento metodológico y fortalecimiento institucional para garantizar la sostenibilidad de innovaciones educativas.

Análisis Comparativo: Estudiantes – Docentes – Directivos

En la Tabla 5, se muestra la triangulación entre las percepciones de estudiantes, docentes y directivos, lo cual permite identificar los cuellos de botella que impiden la consolidación de la didáctica.

Tabla 5
Análisis comparativo Estudiantes - Docentes - Directivos

Dimensión	Estudiantes	Docentes	Directivos
Didáctica	Uso frecuente de TIC, pero sin planificación estructurada	Valoran el ABP y proyectos STEAM como herramientas clave.	Reconocen la dificultad de financiar y priorizar recursos STEAM
Curricular	Reconocen algunas actividades interdisciplinarias aisladas	Destacan la articulación curricular como motor del pensamiento crítico.	Existen esfuerzos aislados, pero no hay políticas institucionales claras
Científica	Participan en experimentos, con escasa reflexión posterior	Enfatizan la indagación guiada y la pregunta como detonante del aprendizaje.	Valoran el pensamiento científico, aunque no se conecta claramente con STEAM
Tecnológica	Uso cotidiano de TIC, principalmente con fines operativos	Alta valoración de TIC como recurso pedagógico.	Limitaciones significativas de infraestructura tecnológica
Artística	Ven el arte como medio de expresión y creatividad	Lo consideran fundamental en innovación y pensamiento divergente.	Integración parcial, depende de áreas específicas sin lineamientos generales
Metacognitiva	Realizan planificación y reflexión parcial, sin seguimiento constante	Reconocen la importancia de la autorregulación, con baja implementación.	No existen políticas institucionales sobre planificación y evaluación metacognitiva
Pedagógica	Prefieren actividades prácticas, colaborativas y materiales interactivos	Optan por metodologías activas, ABP y evaluación auténtica.	Reconocen la importancia de estas prácticas, pero hay limitaciones logísticas y de recursos
Sociocultural	Valoran el trabajo en equipo y el vínculo con su entorno	Consideran el contexto clave para aprendizajes situados.	Destacan el contexto como fuente de sentido, pero carecen de estrategias claras para integrarlo

Evaluación Técnica de la Validación Piloto: "Mente STEAM"

Finalmente, los resultados de la implementación piloto de la revista interactiva mediada por IA proporcionaron la evidencia de éxito de la propuesta propositiva (40 estudiantes, 5 expertos). El 82 % de los estudiantes lograron integrar conceptos de ciencia y arte de manera coherente. El 76 % reportaron un incremento en el interés por las áreas tecnológicas. El 71 % demostró un progreso medible en sus diarios de aprendizaje, transitando de descripciones simples a análisis reflexivos sobre sus propios errores. Estos datos duros confirman que la mediación tecnológica, cuando está orientada por un diseño pedagógico robusto, actúa como un compensador sistémico que fortalece la autonomía del aprendiz incluso en contextos de limitación de recursos.

Discusión

La arquitectura de los hallazgos obtenidos en esta investigación reveló una paradoja estructural en el ecosistema educativo analizado: una alta valoración conceptual de la innovación frente a una operatividad técnica deficiente. Al cruzar los datos de las Tablas 1, 2 y 3 con la literatura científica contemporánea, se identifica que la "notoria desconexión" detectada no es un fenómeno aislado, sino una brecha sistémica que afecta la transición hacia modelos de aprendizaje autorregulado.

Es imperativo trascender la evaluación sumativa tradicional hacia modelos de aseguramiento del aprendizaje. Según Avendaño y Solano (2024), el aseguramiento del aprendizaje es una práctica irreductible a la evaluación tradicional; por el contrario, exige una innovación curricular que adopte la mejora continua y la personalización didáctica mediante el uso de tecnologías digitales. Por otra parte, esta disonancia empírica valida los postulados de Flavell (1976), quien argumenta que el conocimiento metacognitivo no garantiza la regulación activa. Por otra parte, el metaanálisis de

Wahyudi et al. (2023) demuestra que la implementación sistemática del ABP (un pilar de STEAM) tiene un efecto positivo y estadísticamente significativo en la reducción de esta brecha, permitiendo que el monitoreo sea tan robusto como la planificación inicial. Los datos de nuestra muestra estudiantil confirman que, sin una mediación como la propuesta en "Mente STEAM", el estudiante permanece en un nivel de metacognición declarativa, sin alcanzar la madurez procedimental necesaria para la autonomía.

Se requieren procesos de aprendizaje más activos, colaborativos y contextualizados, en contraste con la práctica educativa predominante, centrada en clases expositivas. Este hallazgo coincide con lo planteado por Bertrand & Namukasa (2023) y Loaiza et al. (2024), quienes sostienen que las metodologías activas y el enfoque STEAM fomentan aprendizajes significativos y motivadores. En relación con el uso de TIC, los estudiantes manifiestan un manejo cotidiano de la tecnología, aunque con fines mayormente recreativos. Esto pone de relieve la necesidad de acompañamiento docente para transformar el uso de las TIC en experiencias educativas orientadas al pensamiento computacional y la resolución de problemas, como lo sugieren Espinosa (2024) y Montenegro & Maza (2025). Por otra parte, el desarrollo metacognitivo aparece de manera incipiente: los estudiantes reconocen que planifican y reflexionan parcialmente sobre su aprendizaje, pero carecen de estrategias claras y sistemáticas para fortalecer la autorregulación. Esto se alinea con lo señalado por Flavell (1976) y Valenzuela (2019), quienes afirman que la metacognición debe enseñarse de forma explícita y planificada para generar impacto real. Finalmente, la dimensión sociocultural muestra que los estudiantes encuentran sentido al aprendizaje cuando este se conecta con su vida cotidiana. No obstante, perciben estas experiencias como ocasionales y no integradas de manera estructural al currículo, lo cual limita la construcción de aprendizajes significativos en el marco del enfoque STEAM.

Arias et al. (2024), argumentan que la fragmentación curricular en América Latina actúa como una barrera inercial que anula la intención pedagógica del docente. La evidencia empírica sugiere que la alta valoración docente (98% a favor de las TIC para procesos complejos) se ve neutralizada por las limitaciones reportadas por el 100% de los directivos, quienes califican la infraestructura como "deficiente y averiada". Esta tensión de infraestructura es crítica: mientras la literatura internacional (Videla et al., 2021) sitúa a la tecnología como el "continuo en activo" del aprendizaje moderno (Casillas et al., 2025), en las instituciones analizadas la tecnología es percibida como un "lujo" presupuestal en lugar de una mediación cognitiva básica.

En relación con la integración curricular, los docentes reconocen la importancia de proyectos interdisciplinarios, pero estos se desarrollan de manera aislada y dependen de la iniciativa personal de algunos profesores. Esta fragmentación limita la construcción de propuestas sólidas y coherentes, tal como señalan Segovia et al. (2023) respecto a la necesidad de un diseño curricular articulado para consolidar STEAM.

En el ámbito científico y tecnológico, los docentes valoran la indagación guiada y la integración de TIC en sus clases. Sin embargo, el uso de la tecnología tiende a ser instrumental (apoyo a presentaciones, tareas digitales), sin alcanzar un desarrollo sistemático de pensamiento computacional o de resolución creativa de problemas. Esta brecha coincide con lo advertido por Espinosa (2024), quien sostiene que el uso de TIC debe orientarse pedagógicamente para generar impacto real en la formación.

La dimensión metacognitiva revela una de las mayores debilidades: aunque los docentes reconocen la relevancia de la autorregulación, no logran implementarla de manera consistente. La falta de políticas institucionales y de formación en estrategias metacognitivas limita la posibilidad de guiar a los estudiantes en procesos de planificación, monitoreo y evaluación de sus aprendizajes, lo cual concuerda con lo planteado por Flavell (1976) y Valenzuela (2019).

Finalmente, la dimensión sociocultural muestra que los docentes identifican el valor del contexto como fuente de aprendizaje, pero su incorporación a las prácticas pedagógicas es limitada. Esto indica la necesidad de fortalecer el vínculo entre escuela, comunidad y currículo para dar sentido a los aprendizajes, en línea con lo expuesto por Calderón (2024).

Validación Estadística del Constructo mediante AFE

Los resultados son consistentes con Wahba, et al. (2022), quienes mediante estudios experimentales demostraron que las actividades STEAM aumentan significativamente los puntajes de conciencia metacognitiva en matemáticas, superando a la instrucción tradicional. El modelo de cinco factores obtenido refuta la visión utilitaria de STEAM y refuerza la visión de Yackman (2008) sobre un modelo de educación integral que reconfigura las estructuras cognitivas del discente. Además, este hallazgo confirma lo señalado por Flavell (1976) y Valenzuela (2019) sobre la necesidad de enseñar la metacognición de forma explícita, así como lo propuesto por Espinosa (2024) respecto a que el uso de TIC requiere un diseño pedagógico para impactar realmente en el aprendizaje.

Importancia del enfoque STEAM y de los procesos metacognitivos para los directores: De la intencionalidad a la realidad

Los resultados de las entrevistas semiestructuradas a los directores (Tabla 4), muestran que estos tienen una actitud favorable hacia la innovación pedagógica, reconociendo la importancia del enfoque STEAM y de los procesos metacognitivos. Sin embargo, los hallazgos evidencian una brecha considerable entre las intenciones declaradas y las condiciones reales para su implementación. En el plano didáctico y pedagógico, la falta de presupuesto y de ambientes físicos adecuados representa una barrera significativa para promover proyectos activos y experimentales. Aunque los directivos reconocen la importancia del ABP y de la metacognición, no existen políticas institucionales claras que respalden estas prácticas, lo que refleja una ausencia de lineamientos estratégicos. En el ámbito curricular, se identifican esfuerzos aislados de integración interdisciplinaria (arte-tecnología, ciencia-arte), pero estos no responden a una política sistemática, sino a iniciativas particulares de docentes o equipos de trabajo. Segovia et al. (2023), afirman que el éxito del modelo STEAM depende de su consolidación en el currículo institucional. En la dimensión tecnológica, las limitaciones de infraestructura (equipos, conectividad) obstaculizan de manera directa la implementación del pensamiento computacional y de proyectos digitales. Esto coincide con los planteamientos de Espinosa (2024) sobre la necesidad de orientar pedagógicamente el uso de TIC, y no depender únicamente de la disponibilidad de recursos. Finalmente, la dimensión sociocultural evidencia que los directivos valoran el contexto como un factor clave para aprendizajes significativos, pero carecen de estrategias concretas para articularlo en proyectos STEAM.

En síntesis, los directivos respaldan conceptualmente la innovación pedagógica, pero las debilidades estructurales, presupuestales y políticas dificultan que esta visión se traduzca en acciones concretas. Superar esta brecha exige un compromiso institucional sostenido que conecte la planeación estratégica con la práctica pedagógica en el aula, de modo que la innovación no dependa de esfuerzos aislados, sino de una política clara y articulada.

Enfoque STEAM y la metacognición a través de la triangulación

Los resultados comparativos en la Tabla 5, muestran una convergencia conceptual entre estudiantes, docentes y directivos respecto a la pertinencia del enfoque STEAM y el valor de fomentar la metacognición en los procesos educativos. Sin embargo, emergen diferencias significativas entre el discurso y las condiciones reales de implementación. En la dimensión didáctica, tanto estudiantes como docentes valoran el uso de recursos tecnológicos y las metodologías activas. No obstante, mientras los estudiantes destacan su uso frecuente pero desestructurado, los docentes reconocen su potencial pedagógico y los directivos enfrentan la dificultad de priorizar recursos. Esto refleja una tensión entre la disposición del alumnado, la iniciativa docente y la falta de respaldo institucional. En cuanto al currículo, existe consenso sobre la importancia de la interdiscipliniedad. Sin embargo, las percepciones coinciden en señalar que los esfuerzos son aislados y dependen de iniciativas individuales. Esta fragmentación curricular impide consolidar el modelo STEAM como línea estratégica institucional, tal como lo sostienen Segovia et al. (2023). En la dimensión científica, los estudiantes perciben las experiencias experimentales como prácticas sin suficiente reflexión; los docentes resaltan el papel de la indagación guiada, pero los directivos no logran conectar dichas prácticas con el modelo STEAM. Esta disonancia muestra que el pensamiento científico aún no se articula plenamente a proyectos

interdisciplinarios. La tecnología aparece como un eje crítico: mientras estudiantes y docentes la usan y valoran, los directivos reconocen fuertes limitaciones de infraestructura. Esto coincide con lo señalado por Espinosa (2024), quien enfatiza que el uso de TIC requiere más que disponibilidad: necesita orientación pedagógica y recursos adecuados.

El arte, por su parte, es valorado como recurso creativo por estudiantes y docentes, pero los directivos no lo han institucionalizado como línea transversal. En el plano metacognitivo, todos los actores reconocen su relevancia, aunque estudiantes y docentes la aplican de manera limitada, y los directivos carecen de políticas que la promuevan, lo cual confirma lo planteado por Flavell (1976) y Valenzuela (2019) sobre la necesidad de una enseñanza planificada y explícita de la metacognición. En las dimensiones pedagógica y sociocultural, existe consenso sobre la importancia del aprendizaje situado, el trabajo colaborativo y el vínculo con el contexto. Sin embargo, se repite el patrón: estudiantes lo valoran, docentes lo intentan aplicar, pero los directivos no cuentan con estrategias claras para garantizarlo.

La triangulación de resultados evidencia que la comunidad educativa coincide en la relevancia del enfoque STEAM y de la metacognición. Sin embargo, la innovación pedagógica se enfrenta a tres obstáculos principales: falta de políticas institucionales claras, que permitan trascender las iniciativas aisladas, limitaciones de recursos e infraestructura, especialmente tecnológicos y de espacios físicos y ausencia de una cultura pedagógica consolidada, que articule currículo, didáctica y contexto sociocultural. Superar estas brechas requiere transformar la visión estratégica en acciones promoviendo la formación docente, la inversión institucional y la integración real de los saberes en proyectos interdisciplinarios y situados.

Evaluación Técnica de "Mente STEAM" y la Mediación por IA

La propuesta evaluada mediante indicadores de usabilidad y reflexión arroja datos de impacto que merecen un análisis profundo. El 82 % de efectividad en la conexión interdisciplinar reportado en la fase piloto supera los promedios observados en aulas tradicionales. Esta mejora sustancial se explica mediante la teoría de la "pedagogía de la visibilidad del pensamiento". Al integrar Inteligencia Artificial, la plataforma "Mente STEAM" actúa como un andamiaje adaptativo que, según Haro et al. (2025), permite personalizar la retroalimentación y liberar tiempo para procesos de orden superior.

El indicador de Mejora Metacognitiva (71 %), en los diarios de aprendizaje digitales demuestra que la mediación tecnológica es capaz de compensar la falta de "makerspaces" físicos. Como sostiene Pineda (2022), la "T" de tecnología debe transitar de un uso instrumental (que en nuestro diagnóstico era predominantemente recreativo) a uno que fortalezca el pensamiento computacional y la resolución de problemas estructurados. "Mente STEAM" logra esta transición al utilizar la IA no solo para entregar contenido, sino para formular las "preguntas poderosas" que disparan el ciclo metacognitivo de planificación, monitoreo y evaluación.

Finalmente, el alto valor asignado por los estudiantes a la dimensión artística (80,5 %, Figura 1) sugiere que el aprendizaje está profundamente mediado por factores relacionales y afectivos. Linero et al. (2021) sostienen que la emocionalidad del discurso educativo es un núcleo conceptual prioritario que permite consolidar al estudiante como un ser social, influyendo directamente en la efectividad de los procesos de enseñanza. Bajo esta óptica, la "A" en STEAM no solo actúa como un catalizador creativo (Sanz-Camarero et al. (2023), sino como un puente hacia una pedagogía del afecto donde las disposiciones emocionales fundan la acción humana y la motivación para el aprendizaje profundo.

Conclusiones

La investigación concluye que la implementación de la didáctica STEAM en el contexto de básica secundaria, se encuentra en una fase de "maduración conceptual" pero de "iniciación operativa", confirma que los modelos tradicionales inhiben el desarrollo de la autonomía estudiantil, relegando al discente a un rol de receptor pasivo de información fragmentada.

El tratamiento estadístico mediante el Análisis Factorial Exploratorio, consolida la evidencia de que la metacognición es el núcleo del aprendizaje significativo; cualquier intervención pedagógica que ignore la arquitectura del aprendizaje autorregulado está condenada a una eficacia marginal, independientemente de la tecnología disponible.

Se evidencia que la propuesta "Mente STEAM", mediada por IA, constituye una solución técnica viable para cerrar la brecha detectada. Los indicadores de éxito del piloto validan que el diseño didáctico intencionado puede salvar la distancia entre la infraestructura precaria y la necesidad de una formación competitiva para el siglo XXI.

Finalmente, el estudio revela una urgencia de política pública e institucional: es imperativo transitar del discurso de la innovación hacia una reconfiguración curricular que integre las disciplinas STEAM no como compartimentos estancos, sino como una ecología de aprendizaje articulada que priorice el "aprender a aprender" como la competencia más duradera y transferible del sistema educativo

Consideraciones éticas de la investigación

El estudio presentado se realizó respetando los principios de voluntariedad, individualidad de las personas participantes, previo consentimiento y preservando su anonimato conforme a la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Contribuciones de los autores

Conceptualización, I.A.V., J.F.C., Y.J.A y H.G.C.; metodología, I.A.V., J.F.C y Y.J.A.; validación, I.A.V y H.G.C.; análisis formal de datos, J.F.C., Y.J.A y H.G.C.; investigación, I.A.V., J.F.C., Y.J.A y H.G.C.; análisis de datos, J.F.C y Y.J.A.; redacción del borrador original, J.F.C y Y.J.A.; redacción, revisión y edición, I.A.V y H.G.C.; Supervisión, I.A.V.

Referencias

- Arias, W., Mejía, M., Carranza, S. & Alvarado, H. (2024). Educación STEAM en la educación básica: integración curricular y efectividad, una revisión desde la literatura. *Polo del Conocimiento*, 9(2), 2026-2045. <http://doi.org/10.23857/pc.v9i2.6651>
- Avendaño, I. & Solano, E. (2024). Aseguramiento del aprendizaje: Análisis conceptual como fundamento del mejoramiento continuo en programas académicos universitarios. *Revista De Ciencias Sociales*, 30(4), 159-177. <https://doi.org/10.31876/rcs.v30i4.42984>
- Avendaño, I., Marín, F. & Senior, A. (2023). Gestión de la innovación en la formación de posgrado. Análisis de experiencias desde la Maestría en Educación – Universidad de la Costa, Colombia. En *Transformando la educación desde una perspectiva integral: innovaciones a través de la investigación* (pp. 47-59). Dykinson S. L. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9852442>
- Bertrand, M. G. & Namukasa, I. K. (2020). STEAM education: student learning and transferable skills. *Journal of Research in Innovative Teaching & Learning*, 13(1), 43-56. <https://doi.org/10.1108/JRIT-01-2020-0003>

- Calderón Calderón, A. (2024). Desarrollo de habilidades socioemocionales en la formación de educadores en la sociedad actual. *Sophia, Colección de Filosofía de la Educación*, (37), 283-309. <https://doi.org/10.17163/soph.n37.2024.09>
- Casillas-Martín, S., Rodríguez Fuentes, A. y Nunes-Linhares, R. (2025). Las tecnologías como elemento facilitador del Diseño Universal de Aprendizaje (DUA): experiencias y prácticas educativas. *Aula Abierta*, 54(1), 7. <https://doi.org/10.17811/rifie.22486>
- Congreso de la República de Colombia. (2023). Ley 2314 de 2023. Diario Oficial No. 52.482. https://www.cancilleria.gov.co/normograma/compilacion/docs/ley_2314_2023.htm
- Escobar, J. & Cuervo, Á. (2008). Validez de Contenido y Juicio de Expertos: una aproximación a su utilización. *Avances en Medición*, 6, 27-36. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2981181>
- Espinosa, P. (2024). Integración del enfoque STEAM en la educación general básica: impacto en el desarrollo del pensamiento crítico y creatividad. *Revista Tecnopedagogía E Innovación*, 3(1), 53-69. <https://doi.org/10.62465/rti.v3n1.2024.70>
- Flavell, J. H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. En L. B. Resnick (Ed.), *The nature of intelligence* (pp. 231-235). Erlbaum. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781032646527-16/metacognitive-aspects-problem-solving-john-flavell>
- Guanotuña, G., Pujos, A. A., Oñate Pazmiño, M. F., Ponce, M., Carrillo, E., Delgado, N., Vásconez, E., & Calvopiña, M. (2024). Adaptación de la Metodología STEM-STEAM en la educación pospandemia: un enfoque integral para la recuperación académica. *Revista INVECOM*, 4(2), 1-11. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10694156>
- Haro Esquivel, G., Ayala Hernández, P., Núñez Cortez, A. M. & Román Salcedo, M. del C. (2025). Desarrollo de Competencias del Siglo XXI mediante IA en la Educación. *Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica*, 5(1), 1990-2004. <https://doi.org/10.61384/r.c.a.v5i1.963>
- Linero, A., Matallana, M., Rico, R., Sánchez, E., Conde, M., Herrera, B., Avendaño, I. & Fruto, E. (2021). The emotionality of discourse in teaching: towards a systematic review of trends Inglés. *Review of International Geographical Education Online*, 11(6), 1037-1046. <https://hdl.handle.net/11323/9501>
- Loaiza, Y., Duque, P. & Patiño, M. (2024). Estado del arte: metacognición y aprendizaje autorregulado durante la pandemia por covid-19. *Revista Colombiana de Educación*, (93), 218-239. <https://doi.org/10.17227/rce.num93-19705>
- Montenegro, J. & Maza, D. (2025). El desarrollo de habilidades del Siglo XXI en la educación. *Revista Científica de Innovación Educativa y Sociedad Actual "ALCON"*, 5(2), 300-312. <https://doi.org/10.62305/alcon.v5i2.502>
- Oviedo, H. & Campo-Arias, A. (2005). Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 34(4), 572-580. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=80634409>
- Pineda, D. (2022). Enfoque STEAM: Retos y oportunidades para los docentes. *Revista Internacional de Pedagogía e Innovación Educativa*, 3(1), 229-244. <https://doi.org/10.51660/ripie.v3i1.115>
- Robles, P. & Rojas, M. del C. (2015). La validación por juicio de expertos: dos investigaciones cualitativas en Lingüística aplicada. *Revista Nebrija de Lingüística Aplicada a la Enseñanza de Lenguas*, 9(18), 124- 139. <https://doi.org/10.26378/rnlael918259>
- Rodríguez, A., Caurcel, M. J., Gallardo, C.P. & García, A. (2023). Reconocimiento y actitud hacia la investigación educativa en la Universidad. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado (RIFOP)*, 98(37.1). <https://doi.org/10.47553/rifop.v98i37.1.97824>

- Rodríguez, A. (2024). Pluralidad y potencial de la investigación educativa universitaria. *Cuadernos de Pedagogía*, 555, sección artículos, 1-6. <https://www.cuadernosdepedagogia.com/content/Inicio.aspx?params=H4slAAAAAAAAEA MssdiwoKMovS02xNTlwMjEwNzQyNDIwBQBIRn1kFwAAAA==WKE>
- Rodríguez, A. (2025). Editorial. Demandas educativas contemporáneas sobre la calidad en educación. *Revista Cultura Educación y Sociedad*, 16(2), 1-7. e7052. <https://doi.org/10.17981/cultedusoc.16.2.2025.7052>
- Sánchez, Y., Rolón, M., Pabón, D. & Sánchez, É. (2024). Competencias básicas en educación del Siglo XXI en Colombia. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 13624-13641. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14815
- Sanz-Camarero, R., Ortiz-Revilla, J. & Greca, I. M. (2023). The impact of integrated STEAM education on arts education: A systematic review. *Education Sciences*, 13, 1139. <https://doi.org/10.3390/educsci13111139>
- Segovia Bermeo, A. del P., Mejía Guachichulca, C. E., Figueroa Solano, S. del R. & Encalada Chunchu, S. D. (2023). Inferencia de un Enfoque Educativo Steam para el Desarrollo de un Pensamiento Crítico en Estudiantes de Básica Superior. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(6), 6451-6475. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i6.9179
- Valenzuela, Á. (2019). ¿Qué hay de nuevo en la metacognición? Revisión del concepto, sus componentes y términos afines. *Educação e Pesquisa*, 45, e187571. <https://doi.org/10.1590/S1678-4634201945187571>
- Videla, R., Aguayo, C. & Veloz, T. (2021). From STEM to STEAM: An enactive and ecological continuum. *Frontiers in Education*, 6, 709560. <https://doi.org/10.3389/feduc.2021.709560>
- Wahba, M., Tabieh, A. & Banat, B. (2022). The power of STEAM activities in enhancing the level of metacognitive awareness of mathematics among students at the primary stage. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(11), em2185. <https://doi.org/10.29333/ejmste/12562>
- Wahyudi, R., Rusijono, B. & Arianto, F. (2023). The effect of project-based learning on the metacognitive skills of students in vocational high schools. *International Journal of Science Academic Research*, 4(7), 5942-5945. <https://scienceijsar.com/sites/default/files/article-pdf/IJSAR-1680.pdf>
- Yackman, G. (2008). STEAM Education: an overview of creating a model of integrative education (Tesis doctoral). Virginia Polytechnic Institute and State University. https://www.researchgate.net/publication/327351326_STEAM_Education_an_overview_of_creating_a_model_of_integrative_education