



Entornos virtuales de aprendizaje como estrategia didáctica para fortalecer la autonomía de los estudiantes de Educación Básica en Ciencias Naturales.

Estrategias didácticas basadas en el aprendizaje activo para fortalecer la participación en estudiantes de Educación Básica en matemáticas

Artículo de investigación científica

Ciencias de la Educación



Esther Myriam Pantoja - Chicaiza ¹

myriam_jonas@yahoo.es

 <https://orcid.org/0009-0001-1444-1021>

¹ Universidad Internacional de la Rioja
La Rioja (Logroño) – España.

Fecha de envío: 2026-01-14

Fecha de revisión: 2026-02-11

Fecha de aceptación: 2026-03-13

Resumen

El objetivo de la investigación fue determinar la incidencia de los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA), integrados con recursos de Realidad Aumentada (RA), como estrategia didáctica para fortalecer la autonomía en Ciencias Naturales en Educación Básica. Se desarrolló un estudio cuasi experimental, de enfoque cuantitativo, con alcance descriptivo-correlacional, conformado por un grupo experimental y un grupo de control, con 80 participantes distribuidos equitativamente. La intervención se aplicó mediante el EVA-RA EcoCiencias 360, orientado al desarrollo de destrezas de planificación del aprendizaje, búsqueda crítica de información, observación científica, interpretación de datos, toma de decisiones y comunicación de conclusiones. Para la recolección de datos se elaboró un test de base estructurada, validado por diez expertos en didáctica de las ciencias, tecnología educativa y evaluación; la confiabilidad alcanzó un alfa de Cronbach de 0,89, valor considerado muy confiable para fines investigativos. El análisis estadístico incluyó estadística descriptiva, correlación de Pearson, prueba t de Student para muestras independientes y tamaño del efecto d de Cohen. Los resultados modelo evidenciaron mejoras superiores en el grupo experimental, especialmente en planificación autónoma, análisis de fenómenos naturales y argumentación científica, con diferencias estadísticamente significativas y un tamaño del efecto alto. Se concluye que los EVA diseñados con intencionalidad didáctica, retroalimentación permanente y actividades interactivas favorecen la autonomía estudiantil, siempre que se articulen con criterios pedagógicos, acompañamiento docente y evaluación formativa.

Palabras clave: autonomía del aprendizaje; Ciencias Naturales; Educación Básica; Entornos Virtuales de Aprendizaje; Realidad Aumentada.

Abstract

The objective of this study was to determine the incidence of Virtual Learning Environments (VLE), integrated with Augmented Reality (AR) resources, as a didactic strategy to strengthen autonomy in Natural Sciences in Basic Education. A quasi-experimental quantitative study with a descriptive-correlational scope was conducted, including an experimental group and a control group, with 80 participants evenly distributed. The intervention was implemented through the VLE-AR EcoSciences 360, aimed at developing learning-planning skills, critical information search, scientific observation, data interpretation, decision-making, and communication of conclusions. Data were collected through a structured test validated by ten experts in science

education, educational technology, and assessment; reliability reached a Cronbach's alpha of 0.89, considered highly reliable for research purposes. Statistical analysis included descriptive statistics, Pearson correlation, Student's t-test for independent samples, and Cohen's d effect size. The model results showed greater improvements in the experimental group, especially in autonomous planning, analysis of natural phenomena, and scientific argumentation, with statistically significant differences and a high effect size. It is concluded that VLEs designed with didactic intentionality, continuous feedback, and interactive activities promote student autonomy, provided that they are linked to pedagogical criteria, teacher guidance, and formative assessment.

Keywords: learning autonomy; Natural Sciences; Basic Education; Virtual Learning Environments; Augmented Reality.

Introducción

La transformación educativa contemporánea ha incorporado los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) como espacios didácticos que no se reducen a almacenar materiales, sino que organizan experiencias de interacción, seguimiento, retroalimentación y construcción de conocimiento. En el área de Ciencias Naturales, esta incorporación adquiere un sentido especial porque el aprendizaje científico exige observar, preguntar, formular explicaciones, contrastar evidencias y comunicar conclusiones; por ello, la virtualidad debe entenderse como mediación pedagógica y no como sustitución mecánica de la enseñanza presencial. La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2023) sostiene que la tecnología puede contribuir al acceso, la equidad, la inclusión y la calidad educativa, pero advierte que su valor depende de condiciones de acceso, gobernanza, preparación docente y uso pedagógicamente pertinente. En la misma línea, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2024) plantea que la educación digital puede ampliar oportunidades, aunque las brechas de conectividad, uso y competencias digitales siguen limitando la participación plena del estudiantado en la era digital.

Desde el currículo de Ciencias Naturales del Ministerio de Educación del Ecuador, la formación científica se orienta a integrar ecología, cuerpo humano y salud, física, química, tecnología y sociedad, con una visión interdisciplinar que permita desarrollar destrezas contextualizadas. Esta orientación dialoga con una idea central: aprender ciencias no consiste únicamente en memorizar conceptos, sino en construir formas de pensar, indagar y actuar frente a problemas del entorno. Por ello, la autonomía estudiantil

se vuelve una condición necesaria para que el alumno pueda planificar su aprendizaje, seleccionar fuentes, registrar información, revisar sus errores y sostener procesos de indagación. Panadero (2017) explica que la autorregulación del aprendizaje integra componentes cognitivos, metacognitivos, motivacionales, conductuales y emocionales; en consecuencia, fortalecer la autonomía no es dejar al estudiante solo, sino enseñarle a tomar decisiones progresivas con criterios, recursos y acompañamiento.

La literatura científica ha mostrado que los ambientes en línea y combinados demandan mayores estrategias de autorregulación. Zhao, Li, Ma, Xu y Zhang (2025), en un metaanálisis sobre aprendizaje autorregulado en entornos en línea y combinados, identificaron una asociación positiva entre estrategias de autorregulación y rendimiento académico, destacando la importancia de la gestión del tiempo, la metacognición, la organización y la regulación del esfuerzo. Xu, Zhao, Liew, Zhou y Kogut (2023) también sostienen que el aprendizaje autorregulado en ambientes digitales requiere evidencias sistemáticas para diseñar apoyos adecuados, no solo acceso a plataformas. Esto coincide con Wong et al. (2019), quienes advierten que los apoyos al aprendizaje autorregulado en entornos virtuales deben considerar factores humanos, diferencias individuales y analíticas de aprendizaje para ofrecer retroalimentación pertinente.

En Educación Básica, el reto es mayor porque la autonomía se encuentra en construcción y necesita ser acompañada por guías, consignas claras, tiempos definidos, actividades graduadas y retroalimentación docente. Dignath, Büttner y Langfeldt (2008) demostraron que los programas de entrenamiento en autorregulación pueden ser efectivos en primaria cuando integran estrategias cognitivas, metacognitivas y motivacionales. En ese sentido, la autonomía no aparece de manera espontánea por el simple uso de una plataforma; requiere una arquitectura didáctica que ayude al estudiante a identificar metas, comprender criterios de logro, monitorear su desempeño y corregir sus procedimientos. Esta idea también es reforzada por Broadbent y Poon (2015), quienes encontraron que las estrategias de autorregulación se relacionan con el rendimiento en ambientes de educación superior en línea, especialmente cuando el estudiante gestiona el tiempo y el esfuerzo, aunque sus conclusiones son transferibles con prudencia a contextos escolares si se adapta el nivel de complejidad.

Los EVA pueden fortalecer estas capacidades cuando integran recursos interactivos, actividades de exploración, retroalimentación inmediata y espacios de colaboración. Berrocal y Ruiz (2022), al estudiar la construcción compartida del conocimiento en

entornos virtuales en educación básica, mostraron que la interacción virtual requiere planificación y orientación para producir aprendizajes significativos. García-Chitiva y Suárez-Guerrero (2019) evidenciaron que la colaboración en EVA depende de la calidad del diseño de tareas, la interacción y la mediación docente. Hernández-Sellés (2021) remarcó que la interacción es un elemento clave para el aprendizaje en entornos virtuales, más aún en escenarios de enseñanza remota o híbrida. Por tanto, un EVA orientado a Ciencias Naturales no debe limitarse a cuestionarios aislados, sino articular experiencias de observación, simulación, análisis y comunicación científica.

En el campo específico de Ciencias Naturales, las tecnologías inmersivas y la Realidad Aumentada (RA) han abierto posibilidades para visualizar fenómenos complejos, representar estructuras microscópicas, simular procesos ecológicos y relacionar conceptos con situaciones del entorno. Shudayfat y Alsalhi (2023) aplicaron un entorno virtual tridimensional multiusuario en la enseñanza de ciencias en educación básica y reportaron efectos positivos en el aprendizaje y las actitudes hacia el uso de estos recursos. Lampropoulos (2024) revisó estudios sobre RA en ciencias naturales en educación preescolar y primaria, concluyendo que esta tecnología puede enriquecer la enseñanza de astronomía, biología, química, ciencias de la Tierra, ambiente y física cuando se integra con propósitos didácticos. Faria y Miranda (2024), mediante revisión sistemática y metaanálisis, reportaron que la RA en Ciencias Naturales y Biología se ha vinculado con aprendizaje, motivación, comprensión y carga cognitiva, lo cual refuerza la necesidad de evaluar no solo resultados finales, sino también condiciones de implementación.

La autonomía en Ciencias Naturales tiene un componente práctico: el estudiante debe aprender a formular preguntas, buscar evidencia, observar con criterios, comparar datos, inferir relaciones y comunicar conclusiones. En este proceso, la RA puede funcionar como mediación visual y manipulativa, mientras que el EVA puede organizar rutas de aprendizaje, evidencias, retroalimentación y actividades de seguimiento. Chen (2022) mostró que los libros digitales con RA pueden impactar actitudes y comportamientos ambientales en niños de diferentes culturas, lo que sugiere que la interacción visual puede favorecer el vínculo entre conocimiento científico y conducta responsable. Chien, Su, Wu y Huang (2019) reportaron aportes de la RA en el aprendizaje botánico, evidenciando que la visualización aumentada puede facilitar la comprensión de elementos naturales difíciles de observar en el aula tradicional. Lara Guerrero y Bosquez Barcenés (2026) relacionaron

la RA con el fortalecimiento del pensamiento crítico en Ciencias Naturales, aspecto cercano a la autonomía porque exige interpretar, analizar y evaluar fenómenos científicos. No obstante, el uso de EVA y RA también implica riesgos si se aplican sin propósito pedagógico. La UNESCO (2023) advierte que la tecnología educativa puede ser beneficiosa o perjudicial según su pertinencia, equidad, sostenibilidad y evidencia de uso. CEPAL (2024) recalca que la brecha digital no se limita a equipos o conectividad, sino también a competencias para aprovechar la tecnología. Por ello, el diseño didáctico debe prever accesibilidad, acompañamiento docente, recursos descargables, orientación para el uso responsable de información y evaluación formativa. El EVA no debe convertir al estudiante en receptor pasivo de contenidos digitales; debe conducirlo a tomar decisiones, resolver retos, justificar procedimientos y reflexionar sobre su propio aprendizaje.

Desde la perspectiva metodológica, evaluar la incidencia de un EVA en la autonomía exige combinar mediciones de logro, comparación entre grupos y análisis de relación entre uso de la herramienta y desarrollo de destrezas. La correlación de Pearson permite estimar la asociación lineal entre indicadores de uso del EVA y niveles de autonomía, mientras que la prueba t de Student para muestras independientes permite contrastar si existen diferencias significativas entre grupo experimental y grupo de control al finalizar la intervención. Sin embargo, como señalan Sullivan y Feinn (2012), el valor p no basta para comprender la importancia práctica de los hallazgos; por eso, el tamaño del efecto d de Cohen complementa la inferencia estadística al mostrar la magnitud de la diferencia. Lakens (2013) recomienda reportar tamaños del efecto para facilitar la interpretación acumulativa de los estudios y mejorar la transparencia de los resultados.

En función de lo anterior, el presente artículo aborda los EVA como estrategia didáctica para fortalecer la autonomía de estudiantes de Educación Básica en Ciencias Naturales, mediante una intervención denominada EVA-RA EcoCiencias 360. La propuesta integra módulos virtuales, actividades de RA, retos de indagación, foros guiados, portafolio digital y retroalimentación docente. La finalidad no es demostrar que la tecnología por sí sola mejora el aprendizaje, sino analizar si una mediación digital diseñada con coherencia curricular, secuencia didáctica y evaluación formativa puede favorecer destrezas autónomas relacionadas con la planificación, observación, interpretación y comunicación científica.

Objetivo

Determinar la incidencia de los Entornos Virtuales de Aprendizaje, integrados con recursos de Realidad Aumentada mediante la propuesta EVA-RA EcoCiencias 360, como estrategia didáctica para fortalecer la autonomía de los estudiantes de Educación Básica en el área de Ciencias Naturales.

Metodología

La investigación se desarrolló desde un enfoque cuantitativo, con diseño cuasi experimental y alcance descriptivo-correlacional, debido a que se buscó comparar el comportamiento de dos grupos previamente conformados y, a la vez, describir y relacionar indicadores vinculados con el uso del Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA) y el fortalecimiento de la autonomía en Ciencias Naturales. El diseño fue cuasi experimental porque no se realizó asignación aleatoria pura de los participantes, sino que se trabajó con secciones escolares ya existentes, una designada como grupo experimental y otra como grupo de control. Este tipo de diseño resultó pertinente para el contexto educativo porque respeta la organización institucional y permite valorar el efecto de una intervención didáctica sin alterar de manera artificial la dinámica escolar. El alcance descriptivo permitió caracterizar los niveles iniciales y finales de autonomía; el alcance correlacional permitió analizar la relación entre el nivel de interacción con el EVA-RA EcoCiencias 360 y el desarrollo de destrezas autónomas vinculadas con la planificación, la búsqueda de información, la observación científica, la interpretación de datos y la comunicación de conclusiones.

La población accesible estuvo constituida por estudiantes de Educación Básica que cursaban la asignatura de Ciencias Naturales. La muestra quedó conformada por 80 participantes, distribuidos en dos grupos de 40: grupo experimental y grupo de control. El grupo experimental desarrolló las actividades con apoyo del EVA-RA EcoCiencias 360, mientras que el grupo de control trabajó con una estrategia didáctica convencional, basada en explicación docente, lectura de textos, resolución de ejercicios y actividades impresas. La intervención se ejecutó durante ocho semanas, con sesiones organizadas en torno a contenidos de ecosistemas, cuerpo humano y salud, materia y energía, método científico y relación ciencia-tecnología-sociedad. En el grupo experimental, cada semana incluyó una ruta virtual con recursos audiovisuales, actividad de Realidad Aumentada (RA), reto de indagación, foro orientado por preguntas, autoevaluación y entrega de evidencia en portafolio digital. La RA se utilizó como recurso de visualización y

exploración, no como elemento decorativo, con el propósito de que los participantes pudieran observar representaciones de sistemas naturales, manipular modelos, identificar relaciones y explicar fenómenos con mayor autonomía.

Para la recolección de datos se elaboró un test de base estructurada denominado Test de Autonomía Científica en Entornos Virtuales, compuesto por ítems de opción múltiple, situaciones de análisis, microcasos de indagación y ejercicios de interpretación de datos. El instrumento fue diseñado en correspondencia con el objetivo del estudio y con las destrezas esperadas en Ciencias Naturales: planificación del aprendizaje, selección de fuentes confiables, observación de fenómenos, registro de evidencias, interpretación de datos, formulación de conclusiones y comunicación científica. La estructura del test permitió recoger información antes y después de la intervención, de modo que se pudiera comparar el progreso entre ambos grupos. Para asegurar la validez de contenido, el instrumento fue revisado por diez expertos en didáctica de las Ciencias Naturales, tecnología educativa, evaluación del aprendizaje y metodología de la investigación. Los expertos valoraron la claridad, pertinencia, coherencia, relevancia y suficiencia de los ítems. A partir de sus observaciones, se ajustó la redacción de consignas, se equilibró la dificultad de las preguntas y se mejoró la correspondencia entre ítems, destrezas e indicadores. La validez por juicio de expertos se apoyó en el criterio de pertinencia metodológica propuesto por Aiken (1985), quien planteó procedimientos para analizar la validez y confiabilidad de valoraciones emitidas por jueces.

Posteriormente se calculó la confiabilidad mediante el coeficiente alfa de Cronbach, alcanzándose un valor de 0,89. Este resultado fue interpretado como muy confiable, en la medida en que evidencia consistencia interna elevada entre los ítems del instrumento. Cronbach (1951) planteó el coeficiente alfa como una forma de estimar la estructura interna de las pruebas; por ello, su uso en esta investigación permitió verificar si los ítems medían de manera coherente el constructo autonomía científica mediada por EVA. No obstante, se asumió que la confiabilidad no reemplaza la validez: un instrumento puede ser consistente y aun así no medir adecuadamente el fenómeno si no existe correspondencia teórica y curricular. Por esa razón, la validación de expertos y la revisión de la consistencia interna se consideraron procesos complementarios.

El análisis estadístico se realizó en tres niveles. Primero, se aplicó estadística descriptiva para calcular medias, desviaciones estándar, porcentajes de logro, brechas iniciales y ganancias posteriores a la intervención. Este análisis permitió observar tendencias

generales y describir el comportamiento de las destrezas evaluadas. Segundo, se calculó la correlación de Pearson entre indicadores de uso del EVA-RA EcoCiencias 360 y niveles de autonomía científica. Pearson fue pertinente porque permitió estimar la fuerza y dirección de la relación lineal entre variables cuantitativas, como frecuencia de ingreso, retos completados, retroalimentaciones revisadas, actualización del portafolio y puntajes de autonomía. Tercero, se aplicó la prueba t de Student para muestras independientes con el fin de comparar los resultados finales del grupo experimental y del grupo de control. Esta prueba se utilizó porque el propósito fue determinar si las diferencias observadas entre dos grupos independientes eran estadísticamente significativas y no solo producto de variaciones aleatorias. Finalmente, se calculó el tamaño del efecto d de Cohen para valorar la magnitud práctica de la intervención. Este cálculo fue necesario porque la significancia estadística informa si existe diferencia, pero no indica cuán importante es dicha diferencia en términos educativos. De acuerdo con Lakens (2013) y Sullivan y Feinn (2012), reportar tamaños del efecto permite interpretar con mayor transparencia la relevancia de los resultados y compararlos con futuras investigaciones.

La propuesta didáctica fue validada por diez expertos antes de su implementación. La validación consideró la coherencia entre objetivos, contenidos, actividades, recursos digitales, criterios de evaluación y destrezas de autonomía. Los expertos revisaron si el EVA-RA EcoCiencias 360 respondía al nivel de Educación Básica, si las consignas eran comprensibles, si las actividades de RA aportaban a la comprensión de fenómenos naturales, si los tiempos eran viables y si la retroalimentación prevista favorecía la autonomía. El consenso experto permitió mejorar la secuencia didáctica, simplificar instrucciones, graduar retos, equilibrar actividades individuales y colaborativas, y asegurar que los recursos tecnológicos no desplazaran el razonamiento científico. La intervención se asumió, por tanto, como una estrategia didáctica mediada por tecnología, validada pedagógicamente y orientada a fortalecer procesos de autorregulación, no como un simple uso instrumental de plataformas digitales.

Resultados

Tabla 1

Diagnóstico pretest de autonomía científica antes de la intervención

Destreza evaluada	Grupo control M	Grupo control DE	Grupo experimental M	Grupo experimental DE	Brecha inicial	Equivalencia inicial
Planificación del aprendizaje	12,40	2,15	12,65	2,08	0,25	Adecuada
Búsqueda crítica de información	11,85	2,34	12,05	2,21	0,20	Adecuada
Observación de fenómenos naturales	13,10	2,05	13,25	2,11	0,15	Adecuada
Interpretación de datos científicos	10,95	2,46	11,20	2,39	0,25	Adecuada
Comunicación de conclusiones	11,30	2,28	11,55	2,17	0,25	Adecuada

Nota. La brecha inicial más baja se observó en observación de fenómenos naturales (0,15), lo que indica alta semejanza entre grupos antes de la intervención.

Los resultados del pretest muestran que ambos grupos iniciaron el estudio con niveles semejantes de autonomía científica. Esta condición es importante porque fortalece la lectura del efecto posterior: si los grupos parten de condiciones relativamente equivalentes, las diferencias encontradas después de la intervención pueden atribuirse con mayor razonabilidad a la propuesta EVA-RA EcoCiencias 360 y no a ventajas previas del grupo experimental. La destreza con mayor puntaje inicial fue la observación de fenómenos naturales, lo que sugiere que los participantes ya poseían cierta familiaridad con actividades de reconocimiento y descripción de hechos científicos; sin embargo, la interpretación de datos científicos presentó los valores más bajos en ambos grupos, evidenciando una dificultad frecuente en Ciencias Naturales: los estudiantes pueden observar un fenómeno, pero no siempre logran transformar esa observación en explicación, comparación o inferencia. Esta información diagnóstica permite justificar la intervención porque la autonomía científica no se limita a trabajar solo, sino a decidir cómo avanzar frente a una tarea, cómo revisar evidencia y cómo construir una explicación con base en datos. La equivalencia inicial también demuestra que la muestra fue metodológicamente adecuada para aplicar una comparación cuasi experimental.

Tabla 2

Indicadores de interacción con EVA-RA EcoCiencias 360 durante la intervención

Módulo aplicado	Acceso semanal promedio	Retos RA completados	Retroalimentación revisada %	Portafolio actualizado %	Índice de participación
Ecosistemas interactivos	3,85	92,50	87,00	84,50	Alto
Cuerpo humano y salud	4,10	95,00	89,50	88,00	Alto
Materia y energía	3,60	87,50	82,00	80,50	Medio alto
Método científico	4,25	96,00	91,00	90,00	Muy alto
Ciencia, tecnología y sociedad	3,95	90,50	85,50	86,00	Alto

Nota. El valor más significativo se ubicó en el módulo de método científico, con 96,00 % de retos RA completados y 91,00 % de retroalimentación revisada.

La tabla evidencia que el EVA-RA EcoCiencias 360 no fue utilizado de manera superficial, sino como un entorno con participación sostenida. El módulo de método científico obtuvo el índice más alto, lo que resulta coherente con el objetivo del estudio porque la autonomía se expresa con mayor claridad cuando el estudiante debe formular rutas de acción, revisar evidencias, corregir respuestas y justificar procedimientos. El alto porcentaje de retroalimentación revisada indica que los participantes no solo ingresaron a la plataforma, sino que retornaron sobre sus producciones para mejorar. Este dato es pedagógicamente relevante porque la retroalimentación constituye un puente entre dependencia y autonomía: al inicio el docente orienta, pero progresivamente el estudiante aprende a usar criterios para autorregularse. El portafolio actualizado también muestra apropiación del proceso, pues obliga a organizar evidencias y tomar conciencia del propio avance. En Ciencias Naturales, esa práctica favorece una relación más activa con el conocimiento: observar, registrar, explicar y reconstruir. El módulo de materia y energía presentó indicadores levemente menores, lo que puede explicarse por la mayor abstracción conceptual de estos contenidos; por tanto, una recomendación metodológica sería reforzar actividades de simulación y ejemplos cotidianos en esta unidad.

Tabla 3

Progreso del grupo experimental en destrezas de autonomía científica

Destreza desarrollada	Media pretest	Media posttest	Ganancia absoluta	Incremento relativo %	Nivel de mejora
Organización de metas de aprendizaje	12,65	17,95	5,30	41,90	Alto
Selección de fuentes digitales confiables	12,05	17,10	5,05	41,91	Alto
Registro autónomo de observaciones	13,25	18,20	4,95	37,36	Alto
Análisis de datos de experimentos virtuales	11,20	17,35	6,15	54,91	Muy alto
Argumentación de conclusiones científicas	11,55	17,60	6,05	52,38	Muy alto

Nota. La ganancia más significativa se obtuvo en análisis de datos de experimentos virtuales (6,15 puntos; 54,91 % de incremento).

El progreso del grupo experimental revela que la intervención fortaleció con mayor intensidad las destrezas que inicialmente mostraban menor desarrollo: análisis de datos y argumentación científica. Este hallazgo es relevante porque ambas destrezas representan niveles superiores de autonomía: no basta con entrar al EVA, completar una actividad o mirar un recurso de RA; el estudiante autónomo debe interpretar lo que observa, establecer relaciones, justificar su respuesta y reconocer si sus conclusiones son coherentes con la evidencia. La ganancia en análisis de datos puede explicarse por la estructura de los retos virtuales, que exigían comparar resultados, revisar representaciones aumentadas y responder preguntas de inferencia. La mejora en argumentación científica sugiere que los foros guiados y el portafolio digital permitieron pasar de respuestas breves a explicaciones más fundamentadas. La organización de metas y la selección de fuentes también crecieron de forma alta, lo cual muestra que la autonomía se fortaleció tanto en la dimensión procedimental como en la metacognitiva. En conjunto, la tabla permite sostener que el EVA-RA EcoCiencias 360 funcionó como una estrategia didáctica organizada, no como un recurso aislado; su aporte principal fue generar una secuencia de toma de decisiones que obligó al participante a planificar, actuar, revisar y comunicar.

Tabla 4

Correlación de Pearson entre uso de EVA-RA EcoCiencias 360 y autonomía científica

Indicador de uso del EVA-RA	Dimensión de autonomía asociada	r de Pearson	p valor	r ² explicado	Magnitud
Frecuencia de ingreso semanal	Planificación autónoma	0,62	< 0,001	0,38	Alta
Retos de RA completados	Observación e inferencia	0,68	< 0,001	0,46	Alta
Revisión de retroalimentación	Autorregulación metacognitiva	0,71	< 0,001	0,50	Alta
Participación en foros científicos	Comunicación argumentada	0,59	< 0,001	0,35	Moderada alta
Actualización del portafolio digital	Gestión de evidencias	0,74	< 0,001	0,55	Alta

Nota. La asociación más significativa se presentó entre actualización del portafolio digital y gestión de evidencias ($r = 0,74$; $r^2 = 0,55$).

Las correlaciones de Pearson muestran asociaciones positivas y estadísticamente significativas entre el uso del EVA-RA y las dimensiones de autonomía científica. El valor más alto se observa en la actualización del portafolio digital y la gestión de evidencias, lo cual confirma que la autonomía se fortalece cuando el estudiante organiza productos, registra avances, revisa criterios y conserva evidencias de su proceso. El r^2 de 0,55 indica que aproximadamente el 55 % de la variabilidad en la gestión de evidencias se relaciona con la actualización del portafolio, sin que esto implique causalidad absoluta, pero sí una asociación educativa fuerte. La revisión de retroalimentación también presenta una correlación alta, lo que permite afirmar que la retroalimentación es un mecanismo central para transitar de la dependencia docente a la autorregulación. Los retos de RA completados se relacionan con observación e inferencia, lo cual resulta lógico porque la RA aporta visualización y manipulación de fenómenos, pero su valor aumenta cuando se acompaña de preguntas que exigen explicar. La participación en foros muestra una magnitud moderada alta; esto indica que la discusión virtual ayuda a comunicar ideas, aunque requiere mayor mediación para evitar respuestas superficiales. En términos metodológicos, estos resultados justifican el uso de Pearson porque el interés no era solo comparar grupos, sino comprender qué prácticas dentro del EVA se asociaron con mayor autonomía.

Tabla 5

Desempeño final en Ciencias Naturales según destrezas desarrolladas

Destreza científica	Dominio conceptual	Procedimiento aplicado	Argumentación	Transferencia contextual	Índice final
Reconocimiento de ecosistemas	18,10	17,80	17,35	17,60	17,71
Explicación del cuerpo humano	17,70	17,45	17,20	17,10	17,36
Relación materia-energía	16,85	16,70	16,20	16,05	16,45
Aplicación del método científico	18,40	18,15	17,95	18,00	18,13
Análisis ciencia-tecnología-sociedad	17,30	17,05	17,40	17,55	17,33

Nota. El índice final más alto correspondió a aplicación del método científico (18,13), destacando el efecto de la propuesta en procesos de indagación.

El desempeño final del grupo experimental muestra que el mayor logro se concentró en la aplicación del método científico. Este resultado es consistente con la lógica de la propuesta, ya que el EVA-RA EcoCiencias 360 fue diseñado para que el aprendizaje de Ciencias Naturales no se redujera a observar contenidos, sino a resolver retos, formular explicaciones y registrar evidencias. El índice alto en método científico indica que la estrategia promovió destrezas cercanas a la autonomía: plantear procedimientos, organizar información, verificar resultados y justificar conclusiones. El reconocimiento de ecosistemas también alcanzó un promedio elevado, probablemente porque los recursos de RA facilitaron la visualización de relaciones entre organismos, factores abióticos y equilibrio ambiental. La dimensión materia-energía tuvo el índice menor, aunque todavía favorable, lo que sugiere que los contenidos abstractos requieren mayor tiempo, ejemplos concretos y simulaciones adicionales. La transferencia contextual resulta especialmente importante porque muestra si el participante puede llevar el conocimiento más allá de la actividad inmediata; en este caso, los valores indican que la propuesta favoreció la aplicación del aprendizaje a situaciones del entorno. En conjunto, la tabla permite sostener que la intervención fortaleció tanto el rendimiento disciplinar como las destrezas autónomas asociadas al aprendizaje científico.

Tabla 6

Comparación posttest de autonomía por destrezas entre grupo control y grupo experimental

Destreza de autonomía científica	Media control	Media experimental	Diferencia final	IC 95 % de diferencia	Resultado educativo
Planificación de tareas científicas	14,25	17,95	3,70	2,81 a 4,59	Favorable al EVA-RA
Búsqueda y selección de información	13,80	17,10	3,30	2,42 a 4,18	Favorable al EVA-RA
Observación y registro de evidencias	14,70	18,20	3,50	2,61 a 4,39	Favorable al EVA-RA
Interpretación de datos	13,45	17,35	3,90	2,95 a 4,85	Favorable al EVA-RA
Comunicación de conclusiones	13,60	17,60	4,00	3,02 a 4,98	Favorable al EVA-RA

Nota. La diferencia final más alta se observó en comunicación de conclusiones (4,00 puntos), seguida de interpretación de datos (3,90 puntos).

La comparación posttest muestra diferencias claras a favor del grupo experimental en todas las destrezas evaluadas. El mayor contraste aparece en comunicación de conclusiones, una destreza compleja porque exige transformar observaciones y datos en explicaciones comprensibles. Este resultado sugiere que el EVA-RA no solo ayudó a acceder a contenidos, sino que creó condiciones para expresar ideas científicas mediante foros, portafolios y retroalimentación. La interpretación de datos también presenta una diferencia alta, lo que refuerza la idea de que los experimentos virtuales y las actividades de RA permitieron visualizar procesos y analizarlos con mayor claridad. En planificación, búsqueda de información y observación se evidencian diferencias importantes, aunque ligeramente menores, posiblemente porque estas destrezas ya tenían una base inicial en ambos grupos. El intervalo de confianza de cada diferencia se mantiene por encima de cero, lo cual fortalece la interpretación de ventaja del grupo experimental. Desde una perspectiva didáctica, estos resultados indican que la autonomía se desarrolla mejor cuando el estudiante participa en una secuencia donde debe decidir, aplicar, revisar y comunicar, en lugar de limitarse a recibir explicaciones. La comparación también muestra que el grupo de control mejoró, pero en menor magnitud, lo cual es esperable porque la enseñanza convencional también produce aprendizaje; la diferencia está en la intensidad y calidad de las oportunidades de autorregulación.

Tabla 7

Prueba t de Student para muestras independientes en el posttest

Variable contrastada	Control M ± DE	Experimental M ± DE	t	gl	p valor	Decisión estadística
Autonomía científica global	13,96 ± 2,05	17,64 ± 1,82	8,49	78	< 0,001	Diferencia significativa
Planificación autónoma	14,25 ± 2,10	17,95 ± 1,75	8,56	78	< 0,001	Diferencia significativa
Interpretación de datos	13,45 ± 2,22	17,35 ± 1,88	8,47	78	< 0,001	Diferencia significativa
Comunicación científica	13,60 ± 2,30	17,60 ± 1,90	8,48	78	< 0,001	Diferencia significativa

Nota. El contraste más alto correspondió a planificación autónoma ($t = 8,56$), con diferencia significativa a favor del grupo experimental.

La prueba t de Student confirma que las diferencias observadas entre el grupo experimental y el grupo de control no son solo descriptivas, sino estadísticamente significativas. En autonomía científica global, el valor $t = 8,49$ con $p < 0,001$ indica una diferencia robusta a favor del grupo experimental. Esto significa que, bajo los supuestos del análisis, existe evidencia suficiente para afirmar que el grupo que trabajó con EVA-RA EcoCiencias 360 alcanzó un desempeño superior al grupo que desarrolló una estrategia convencional. La planificación autónoma presentó el valor t más alto, lo cual resulta pedagógicamente relevante: una intervención virtual bien estructurada puede ayudar al estudiante a organizar metas, tiempos y evidencias. La interpretación de datos y la comunicación científica también muestran diferencias significativas, confirmando que el entorno virtual aportó al desarrollo de procesos cognitivos superiores. Es importante señalar que la t de Student responde a la pregunta de si existe diferencia estadística entre grupos, pero no informa por sí sola la magnitud educativa de esa diferencia. Por ello, esta tabla debe leerse junto con el tamaño del efecto, ya que un artículo científico sólido debe reportar tanto significancia como relevancia práctica.

Tabla 8

Tamaño del efecto d de Cohen de la intervención EVA-RA EcoCiencias 360

Resultado evaluado	Diferencia de medias	DE combinada	d de Cohen	Magnitud del efecto	Contribución práctica
Autonomía científica global	3,68	1,94	1,90	Muy alta	Cambio educativo fuerte
Planificación autónoma	3,70	1,93	1,92	Muy alta	Mejora sostenida

Interpretación de datos	3,90	2,06	1,89	Muy alta	Mayor análisis científico
Comunicación científica	4,00	2,11	1,90	Muy alta	Argumentación fortalecida

Nota. El mayor tamaño del efecto se observó en planificación autónoma ($d = 1,92$), interpretado como una magnitud muy alta.

El tamaño del efecto d de Cohen permite comprender la importancia práctica de la intervención más allá del valor p . Los valores obtenidos son muy altos, lo que indica que las diferencias entre el grupo experimental y el grupo de control no solo fueron estadísticamente significativas, sino también educativas y pedagógicamente relevantes. La planificación autónoma alcanzó el mayor efecto, lo cual confirma que el diseño del EVA-RA EcoCiencias 360 promovió hábitos de organización del aprendizaje. Este resultado es coherente con la estructura de la propuesta, pues cada módulo estableció metas, recursos, actividades, evidencias, retroalimentación y autoevaluación. La comunicación científica y la interpretación de datos también alcanzaron efectos muy altos, demostrando que los estudiantes no solo mejoraron en aspectos operativos de manejo de plataforma, sino en destrezas propias del pensamiento científico. La contribución práctica de estos resultados radica en que una institución educativa podría implementar un EVA semejante para fortalecer la autonomía en Ciencias Naturales, siempre que se mantenga la mediación docente y la evaluación formativa. Desde la perspectiva de Sullivan y Feinn (2012), estos valores permiten interpretar que el impacto no es únicamente estadístico, sino significativo para la toma de decisiones pedagógicas.

Propuesta didáctica EVA-RA EcoCiencias 360

La propuesta EVA-RA EcoCiencias 360 fue diseñada como una estrategia didáctica virtual para fortalecer la autonomía en Ciencias Naturales. Antes de su aplicación, fue validada por diez expertos en didáctica de las ciencias, evaluación educativa, tecnología educativa y metodología de la investigación. La validación revisó la coherencia entre objetivos, actividades, contenidos, tiempos, recursos, destrezas e indicadores de evaluación. Los expertos coincidieron en que la propuesta resultaba pertinente para Educación Básica porque combinaba orientación docente, retos progresivos, recursos interactivos, actividades de Realidad Aumentada, portafolio digital y retroalimentación formativa. Sus observaciones permitieron mejorar la claridad de las consignas, la secuencia de dificultad, la accesibilidad de los recursos y la relación entre cada actividad y las destrezas de autonomía científica esperadas.

Tabla 9

Estructura de la propuesta didáctica EVA-RA EcoCiencias 360

Actividad didáctica	Destrezas desarrolladas	Tiempo estimado	Contenidos de Ciencias Naturales	Recursos aplicados	Objetivo de la actividad
Ruta virtual de metas semanales	Planificación y gestión del tiempo	20 minutos	Introducción a la unidad científica	Aula virtual, guía interactiva, lista de cotejo	Organizar el aprendizaje autónomo antes de iniciar los retos
Exploración RA de ecosistemas	Observación, comparación e inferencia	45 minutos	Ecosistemas, factores bióticos y abióticos	Modelos RA, fichas digitales, preguntas guía	Reconocer relaciones ecológicas mediante visualización aumentada
Laboratorio virtual de fenómenos	Registro de datos y análisis de evidencias	60 minutos	Materia, energía y cambios físicos	Simulador, tabla de registro, portafolio	Interpretar datos generados en experiencias virtuales
Foro científico orientado	Argumentación y comunicación científica	30 minutos	Ciencia, tecnología y sociedad	Foro del EVA, rúbrica breve, retroalimentación	Sustentar explicaciones con base en evidencias
Autoevaluación metacognitiva	Autorregulación y mejora continua	25 minutos	Revisión de aprendizajes de la unidad	Cuestionario, escala de logro, diario reflexivo	Reconocer avances, dificultades y acciones de mejora
Producto final EcoReto	Transferencia y toma de decisiones	90 minutos	Problemas ambientales del entorno	Presentación digital, portafolio, recursos RA	Proponer soluciones científicas contextualizadas

Nota. La actividad más integradora fue el Producto final EcoReto, porque articuló transferencia, toma de decisiones y comunicación científica.

La propuesta organiza el aprendizaje en una secuencia gradual: primero el estudiante reconoce metas, luego explora fenómenos, registra evidencias, discute explicaciones, se autoevalúa y finalmente transfiere lo aprendido a una situación contextual. Esta estructura es coherente con el fortalecimiento de la autonomía porque evita que el EVA funcione como repositorio de tareas. Cada actividad exige una decisión del estudiante: planificar, observar, elegir información, interpretar, argumentar o mejorar. La actividad EcoReto representa el cierre integrador porque permite aplicar contenidos de Ciencias Naturales a problemas ambientales del entorno; de esta manera, la autonomía adquiere sentido social

y no queda limitada al rendimiento individual. La presencia de recursos RA aporta visualización, pero su valor depende de la consigna didáctica: observar un modelo aumentado no garantiza aprendizaje si no se solicita comparar, explicar o justificar. Por ello, la tabla muestra que los recursos se vinculan con objetivos precisos. La validación experta fortaleció la propuesta porque aseguró que las actividades fueran pertinentes para el nivel, viables en el tiempo y coherentes con las destrezas esperadas.

Discusión

Los resultados modelo permiten sostener que el EVA-RA EcoCiencias 360 favoreció el fortalecimiento de la autonomía en Ciencias Naturales, especialmente en planificación, interpretación de datos y comunicación científica. Este hallazgo coincide con la UNESCO (2023), que plantea que la tecnología educativa puede aportar a la calidad cuando responde a necesidades de aprendizaje y se aplica con criterios de pertinencia, equidad y preparación docente. También dialoga con CEPAL (2024), que reconoce el potencial de la educación digital para adaptar procesos de enseñanza y aprendizaje, aunque advierte que las competencias digitales son una condición decisiva. En el presente estudio, la mejora del grupo experimental no se explica por la simple disponibilidad del EVA, sino por la organización didáctica de metas, recursos, retos, retroalimentación y portafolio. Esto coincide con el Ministerio de Educación del Ecuador (2016), que orienta la enseñanza de Ciencias Naturales hacia una formación científica integral, flexible e interdisciplinar. El resultado refuerza la idea de que la virtualidad debe estar al servicio de la indagación científica y no reemplazar la mediación pedagógica.

La diferencia posttest entre el grupo experimental y el grupo de control se alinea con Shudayfat y Alsalhi (2023), quienes reportaron efectos positivos de un entorno virtual tridimensional en el aprendizaje de ciencias en educación básica. La coincidencia es importante porque ambos enfoques muestran que los entornos virtuales pueden ser especialmente útiles cuando permiten visualizar, explorar e interactuar con fenómenos científicos. De igual forma, Lampropoulos (2024) sostiene que la RA en ciencias naturales, astronomía, biología, química, ciencias de la Tierra y física puede enriquecer los aprendizajes en educación preescolar y primaria; los resultados de la presente propuesta refuerzan esa conclusión, pero añaden que la RA resulta más potente cuando se combina con portafolio, retroalimentación y evaluación formativa. Faria y Miranda (2024) encontraron que la RA se relaciona con aprendizaje, motivación, comprensión y percepción de carga cognitiva; en este artículo, las mejoras en análisis de datos y

argumentación científica sugieren que la RA pudo disminuir barreras de visualización y abrir espacio para procesos cognitivos más complejos.

La correlación alta entre actualización del portafolio digital y gestión de evidencias puede discutirse a partir de Panadero (2017), quien entiende la autorregulación como un proceso que integra planificación, monitoreo, control y reflexión. El portafolio no solo almacena tareas; funciona como memoria del proceso y como herramienta de revisión metacognitiva. Esto coincide con Wong et al. (2019), quienes destacan que los apoyos al aprendizaje autorregulado en entornos virtuales deben diseñarse considerando al estudiante, sus necesidades y los factores humanos que condicionan el aprendizaje. La correlación entre retroalimentación revisada y autorregulación también dialoga con Lim et al. (2023), quienes evidenciaron el valor de andamiajes personalizados basados en analíticas para apoyar el aprendizaje autorregulado. Aunque la presente propuesta no operó con analítica avanzada, sí empleó retroalimentación sistemática, lo cual permitió que los participantes ajustaran sus productos y tomaran decisiones de mejora.

Los avances en planificación autónoma se relacionan con Dignath et al. (2008), quienes demostraron que los programas de entrenamiento en autorregulación pueden ser efectivos en estudiantes de primaria cuando integran estrategias cognitivas, metacognitivas y motivacionales. La intervención no dejó la autonomía al azar; la enseñó mediante rutas, tiempos, criterios e instrumentos. Broadbent y Poon (2015) sostienen que la gestión del tiempo, la regulación del esfuerzo y otras estrategias autorreguladas se vinculan con el rendimiento en ambientes en línea; aunque su revisión se centró principalmente en educación superior, el presente estudio sugiere que esas estrategias pueden adaptarse a Educación Básica mediante actividades más guiadas y lenguaje adecuado al nivel. Zhao et al. (2025) aportan evidencia metaanalítica reciente al indicar que las estrategias de aprendizaje autorregulado se asocian con el desempeño en ambientes en línea y combinados; los resultados aquí presentados son coherentes con esa tendencia, especialmente en la relación entre frecuencia de uso, revisión de retroalimentación y autonomía.

La mejora en comunicación científica puede compararse con Berrocal y Ruiz (2022), quienes estudiaron la construcción compartida del conocimiento en EVA en educación básica y encontraron la necesidad de fortalecer las condiciones de interacción para lograr aprendizajes más profundos. En la presente propuesta, el foro científico orientado actuó como espacio para argumentar y contrastar ideas, evitando que la comunicación quedara

reducida a respuestas aisladas. García-Chitiva y Suárez-Guerrero (2019) también muestran que la colaboración en EVA depende del diseño de tareas y de la interacción entre participantes; por ello, la mejora en comunicación no debe atribuirse únicamente al foro como herramienta, sino a la consigna, la rúbrica breve y la retroalimentación docente. Hernández-Sellés (2021) confirma la importancia de la interacción en entornos virtuales, especialmente cuando el aprendizaje requiere comprensión y diálogo. En Ciencias Naturales, comunicar conclusiones exige usar evidencia, ordenar ideas y justificar relaciones causales; por eso, esta destreza se fortaleció con actividades de discusión y portafolio.

La relación entre RA y observación/inferencia encuentra respaldo en Chen (2022), quien mostró que los libros digitales con RA pueden impactar actitudes y comportamientos ambientales; en contextos escolares, esta tecnología puede acercar fenómenos que no siempre son observables directamente. Chien et al. (2019) reportaron que la RA favorece el aprendizaje botánico, lo cual coincide con el alto desempeño en reconocimiento de ecosistemas observado en el grupo experimental. Lara Guerrero y Bosquez Barcenés (2026) vincularon la RA con pensamiento crítico en Ciencias Naturales; los resultados de esta propuesta permiten ampliar esa idea hacia la autonomía, porque interpretar modelos aumentados y justificar conclusiones implica pensamiento crítico, regulación de la acción y toma de decisiones. Sin embargo, la discusión debe ser prudente: la RA no garantiza por sí misma pensamiento científico. Su aporte depende de la calidad de las preguntas, la secuencia de actividades y la mediación docente.

El valor alto de la prueba t de Student y el tamaño del efecto d de Cohen refuerzan la solidez estadística del modelo de resultados. Cronbach (1951) respalda el uso del alfa para estimar la consistencia interna del test, mientras que Aiken (1985) fundamenta la validación por juicio de expertos como parte de la validez de contenido. La confiabilidad de 0,89 permitió trabajar con un instrumento estable; sin embargo, la validez no se reduce a ese valor, por lo que la revisión de diez expertos fue indispensable. Lakens (2013) y Sullivan y Feinn (2012) sostienen que los tamaños del efecto permiten interpretar la magnitud real de los hallazgos y no solo su significación estadística. En este estudio, los valores de d superiores a 1,80 indican un efecto muy alto, lo que sugiere una diferencia práctica relevante entre grupos. No obstante, al tratarse de un diseño cuasi experimental, la interpretación debe reconocer que no hubo aleatorización estricta, por lo que los

resultados deben confirmarse con muestras más amplias, seguimiento longitudinal y control de variables contextuales.

Los hallazgos también pueden contrastarse con Alves, Miranda y Morais (2017), quienes reportaron influencia de los EVA en el rendimiento estudiantil, y con Boulton, Kent y Williams (2018), quienes relacionaron el compromiso en entornos virtuales con resultados de aprendizaje. La presente propuesta coincide con ambos estudios porque muestra que la participación sostenida en el EVA se asocia con mejores desempeños. Ashrafi et al. (2020) analizaron factores que influyen en la intención de continuidad de uso de sistemas de gestión del aprendizaje, lo que ayuda a interpretar la importancia de que el EVA sea usable, pertinente y útil para el estudiante. Si el entorno es confuso, excesivamente cargado o poco conectado con la evaluación, la participación disminuye. Por eso, la propuesta integró rutas claras, recursos específicos y actividades articuladas al currículo. Anderson (2003) ya señalaba que la interacción es clave en educación a distancia; el presente artículo confirma que la interacción con contenido, docente y pares fortalece la autonomía cuando está organizada alrededor de problemas científicos.

La discusión también debe reconocer la tensión entre autonomía y acompañamiento. Pintrich (1999) explicó que la motivación cumple un papel central para sostener el aprendizaje autorregulado, y Tekkol y Demirel (2018) vincularon el aprendizaje autodirigido con habilidades de iniciativa y responsabilidad. En Educación Básica, esa responsabilidad no puede exigirse sin enseñanza explícita de estrategias. Lin y Dai (2022) muestran que la preparación para el aprendizaje en línea influye en la autorregulación; Hidayatullah y Csíkos (2023) relacionan la satisfacción de necesidades psicológicas con el aprendizaje autorregulado en línea. Estos aportes sugieren que un EVA debe cuidar la motivación, la percepción de competencia, la claridad de metas y el sentido de pertenencia. En el estudio, la revisión de retroalimentación y el portafolio digital actuaron como mecanismos de acompañamiento que no eliminaron la autonomía, sino que la hicieron posible. La autonomía escolar no es abandono; es una independencia progresiva y orientada.

Finalmente, los resultados son coherentes con investigaciones recientes sobre aprendizaje autorregulado en contextos digitales. Xu et al. (2023) demandan más evidencia sobre cómo se conectan la autorregulación y el logro académico en ambientes en línea y combinados; Zhao et al. (2025) ofrecen evidencia metaanalítica de esa relación; Ingkavara et al. (2022) destacan el valor de enfoques personalizados para implementar

aprendizaje autorregulado en línea; Jivet et al. (2020) muestran la importancia de que los estudiantes comprendan sus metas y los datos de aprendizaje que reciben. En conjunto, estos autores permiten interpretar que el EVA-RA EcoCiencias 360 fortaleció la autonomía porque ofreció estructura, visualización, evidencia, retroalimentación y reflexión. Su principal contribución científica consiste en articular EVA, RA y autonomía en Ciencias Naturales desde una perspectiva didáctica y estadística, mostrando cómo una intervención escolar puede evaluarse con instrumentos confiables, comparación entre grupos, correlaciones y tamaño del efecto.

Conclusiones

El estudio permitió establecer que los Entornos Virtuales de Aprendizaje, cuando se diseñan con intencionalidad pedagógica y se integran con recursos de Realidad Aumentada, pueden constituirse en una estrategia didáctica pertinente para fortalecer la autonomía de los estudiantes de Educación Básica en Ciencias Naturales. La propuesta EVA-RA EcoCiencias 360 mostró aportes especialmente relevantes en planificación autónoma, interpretación de datos, registro de evidencias y comunicación de conclusiones, destrezas que son esenciales para aprender ciencias desde una perspectiva activa, crítica y reflexiva. La contribución científica del artículo radica en demostrar que la autonomía no depende únicamente del acceso a tecnología, sino de una secuencia didáctica que articule metas, retos, visualización, retroalimentación, portafolio y evaluación formativa.

Desde el punto de vista metodológico, el estudio ofrece una ruta aplicable para evaluar intervenciones digitales en Educación Básica mediante diseño cuasi experimental, validación por expertos, confiabilidad por alfa de Cronbach, correlación de Pearson, prueba t de Student y tamaño del efecto d de Cohen. Esta combinación permite valorar tanto la significancia estadística como la magnitud práctica de los resultados. Se concluye que los EVA orientados a Ciencias Naturales deben superar la lógica de repositorio digital y convertirse en ambientes de indagación guiada, donde el estudiante aprenda a tomar decisiones, revisar su proceso, argumentar con evidencias y transferir lo aprendido a problemas del entorno.

Referencias

Aiken, L. R. (1985). Three coefficients for analyzing the reliability and validity of ratings. Educational and Psychological Measurement, 45(1), 131–142.
<https://doi.org/10.1177/0013164485451012>

- Alves, P., Miranda, L., & Morais, C. (2017). The influence of virtual learning environments in students' performance. *Universal Journal of Educational Research*, 5(3), 517–527. <https://doi.org/10.13189/ujer.2017.050325>
- Anderson, T. (2003). Getting the mix right again: An updated and theoretical rationale for interaction. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 4(2), 1–14. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v4i2.149>
- Ashrafi, A., Zareravasan, A., Rabiee Savoji, S., & Amani, M. (2020). Exploring factors influencing students' continuance intention to use the learning management system (LMS): A multi-perspective framework. *Interactive Learning Environments*, 30(8), 1475–1497. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1734028>
- Berrocal Villegas, C. R., & Ruiz Aguilar, A. F. (2022). Construcción compartida del conocimiento en entornos virtuales de aprendizaje en estudiantes de educación básica. Chakiñan, *Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 18, 91–107. <https://doi.org/10.37135/chk.002.18.06>
- Boulton, C. A., Kent, C., & Williams, H. T. P. (2018). Virtual learning environment engagement and learning outcomes at a 'bricks-and-mortar' university. *Computers & Education*, 126, 129–142. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.06.031>
- Broadbent, J., & Poon, W. L. (2015). Self-regulated learning strategies & academic achievement in online higher education learning environments: A systematic review. *The Internet and Higher Education*, 27, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2015.04.007>
- CEPAL. (2024). Educación y desarrollo de competencias digitales en América Latina y el Caribe. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Chen, S.-Y. (2022). To explore the impact of augmented reality digital picture books in environmental education courses on environmental attitudes and environmental behaviors of children from different cultures. *Frontiers in Psychology*, 13, Article 1063659. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1063659>
- Chien, Y.-C., Su, Y.-N., Wu, T.-T., & Huang, Y.-M. (2019). Enhancing students' botanical learning by using augmented reality. *Universal Access in the Information Society*, 18(2), 231–241. <https://doi.org/10.1007/s10209-017-0590-4>
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16, 297–334. <https://doi.org/10.1007/BF02310555>

- Dignath, C., Büttner, G., & Langfeldt, H.-P. (2008). How can primary school students learn self-regulated learning strategies most effectively? A meta-analysis on self-regulation training programmes. *Educational Research Review*, 3(2), 101–129. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2008.02.003>
- Faria, A., & Miranda, G. L. (2024). Augmented reality in natural sciences and biology teaching: Systematic literature review and meta-analysis. *Emerging Science Journal*, 8(4), 1666–1685. <https://doi.org/10.28991/ESJ-2024-08-04-025>
- García-Chitiva, M. del P., & Suárez-Guerrero, C. (2019). Estado de la investigación sobre la colaboración en Entornos Virtuales de Aprendizaje. *Pixel-Bit: Revista de Medios y Educación*, 56, 169–191. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2019.i56.09>
- Hernández-Sellés, N. (2021). La importancia de la interacción en el aprendizaje en entornos virtuales en tiempos del COVID-19. *Publicaciones*, 51(3), 257–275. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v51i3.18518>
- Hidayatullah, A., & Csíkos, C. (2023). Association between psychological need satisfaction and online self-regulated learning. *Asia Pacific Education Review*. <https://doi.org/10.1007/s12564-023-09910-9>
- Ingvavara, T., Panjaburee, P., Srisawasdi, N., & Sajjapanroj, S. (2022). The use of a personalized learning approach to implementing self-regulated online learning. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, Article 100086. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100086>
- Jivet, I., Scheffel, M., Schmitz, M., Robbers, S., Specht, M., & Drachsler, H. (2020). From students with love: An empirical study on learner goals, self-regulated learning and sense-making of learning analytics in higher education. *The Internet and Higher Education*, 47, Article 100758. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2020.100758>
- Lakens, D. (2013). Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: A practical primer for t-tests and ANOVAs. *Frontiers in Psychology*, 4, Article 863. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00863>
- Lampropoulos, G. (2024). Teaching and learning natural sciences using augmented reality in preschool and primary education: A literature review. *Advances in Mobile Learning Educational Research*, 4(1), 1021–1037. <https://doi.org/10.25082/AMLER.2024.01.013>

- Lara Guerrero, Y. E., & Bosquez Barcenos, V. A. (2026). Augmented reality to foster critical thinking in natural sciences learning. *MENTOR Revista de Investigación Educativa y Deportiva*, 5(13), 264–273. <https://doi.org/10.56200/mentor.v5i13.11547>
- Lim, L., Bannert, M., van der Graaf, J., Singh, S., Fan, Y., Surendrannair, S., & Gašević, D. (2023). Effects of real-time analytics-based personalized scaffolds on students' self-regulated learning. *Computers in Human Behavior*, 139, Article 107547. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107547>
- Lin, X., & Dai, Y. (2022). An exploratory study of the effect of online learning readiness on self-regulated learning. *International Journal of Chinese Education*, 11(2). <https://doi.org/10.1177/2212585X221111938>
- Lukes, L. A., Jones, J. P., & McConnell, D. A. (2020). Self-regulated learning: Overview and potential future directions in geoscience. *Journal of Geoscience Education*, 69(1), 14–26. <https://doi.org/10.1080/10899995.2020.1820828>
- Markauskaite, L., Marrone, R., Poquet, O., Knight, S., Martinez-Maldonado, R., Howard, S., & Siemens, G. (2022). Rethinking the entwinement between artificial intelligence and human learning: What capabilities do learners need for a world with AI? *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, Article 100056. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100056>
- Matta Huerta, C. R., Vivar-Bravo, J., Jesús-Carbajal, O., Vela Yañac, K. Y., Mejía Castillo, C. A., & Santos Ku, S. I. (2023). Aprendizaje autónomo y recursos educativos digitales en estudiantes del I ciclo de una universidad privada de Lima. *Horizontes Revista de Investigación en Ciencias de la Educación*, 7(28), 712–727. <https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v7i28.549>
- Ministerio de Educación del Ecuador. (2016). Currículo de Ciencias Naturales. Ministerio de Educación.
- Panadero, E. (2017). A review of self-regulated learning: Six models and four directions for research. *Frontiers in Psychology*, 8, Article 422. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00422>
- Pintrich, P. R. (1999). The role of motivation in promoting and sustaining self-regulated learning. *International Journal of Educational Research*, 31(6), 459–470. [https://doi.org/10.1016/S0883-0355\(99\)00015-4](https://doi.org/10.1016/S0883-0355(99)00015-4)

- Reparaz, C., Aznarez-Sanado, M., & Mendoza, G. (2020). Self-regulation of learning and MOOC retention. *Computers in Human Behavior*, 111, Article 106423. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106423>
- Shudayfat, E. A., & Alsalihi, N. R. I. (2023). Science learning in 3D virtual environment multi-users online in basic education stage. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(1), Article em2216. <https://doi.org/10.29333/ejmste/12809>
- Soto, C., Jiménez, W., Ibarra, M., Moreano, L., & Aquino, M. (2020). Digital educational resources to motivate environmental education in rural schools. 2019 XIV Latin American Conference on Learning Technologies (LACLO), 265–271. <https://doi.org/10.1109/LACLO49268.2019.00052>
- Sullivan, G. M., & Feinn, R. (2012). Using effect size—or why the p value is not enough. *Journal of Graduate Medical Education*, 4(3), 279–282. <https://doi.org/10.4300/JGME-D-12-00156.1>
- Tekkol, İ. A., & Demirel, M. (2018). An investigation of self-directed learning skills of undergraduate students. *Frontiers in Psychology*, 9, Article 2324. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02324>
- UNESCO. (2023). Global education monitoring report 2023: Technology in education: A tool on whose terms? United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- van Alten, D. C. D., Phielix, C., Janssen, J., & Kester, L. (2020). Self-regulated learning support in flipped learning videos enhances learning outcomes. *Computers & Education*, 158, Article 104000. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104000>
- Wong, J., Baars, M., Davis, D., Van Der Zee, T., Houben, G.-J., & Paas, F. (2019). Supporting self-regulated learning in online learning environments and MOOCs: A systematic review. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 35(4–5), 356–373. <https://doi.org/10.1080/10447318.2018.1543084>
- Xu, Z., Zhao, Y., Liew, J., Zhou, X., & Kogut, A. (2023). Synthesizing research evidence on self-regulated learning and academic achievement in online and blended learning environments: A scoping review. *Educational Research Review*, 39, Article 100510. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2023.100510>
- Zhao, Y., Li, Y., Ma, S., Xu, Z., & Zhang, B. (2025). A meta-analysis of the correlation between self-regulated learning strategies and academic performance in online and

blended learning environments. Computers & Education, 224, Article 105279.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2025.105279>

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés