

Evaluación del impacto educativo de un sistema acuapónico con tilapia roja en el aprendizaje activo de bachillerato

Educational impact evaluation of an aquaponic system with red tilapia in high school active learning

Avaliação do impacto educacional de um sistema aquapônico com tilápia vermelha na aprendizagem ativa do ensino médio

ARTÍCULO ORIGINAL



Gustavo Adolfo Menoscal Tuarez 
gustavo_menoscal@yahoo.com

Luis Andrés Muñoz San Miguel 
luis.munoz@uees.edu.ec

Leonidas Marcelo Hidalgo Nuñez 
marcelohidalgonunez.uea@gmail.com

Jessica Ivonne Cabrera Daza 
jessica.cabrera@uees.edu.ec

Unidad Educativa Nuestro Mundo. Salinas, Ecuador

Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v10i28.434>

Artículo recibido: 7 de noviembre 2025 / Arbitrado: 26 de diciembre 2025 / Publicado: 7 de enero 2026

RESUMEN

La educación científica contemporánea demanda metodologías activas que integren aprendizaje práctico y principios de sostenibilidad, fundamentales para desarrollar competencias del siglo XXI. Al respecto, el objetivo del trabajo fue evaluar el impacto educativo de la implementación experimental de un sistema acuapónico con *Oreochromis spp.* como estrategia didáctica activa, en la motivación, la comprensión científica integrada y el desarrollo de habilidades en estudiantes de bachillerato de la Unidad Educativa Nuestro Mundo. Se implementó un diseño cuasi-experimental con pre-test/post-test en 56 estudiantes, utilizando cuestionarios Likert validados y análisis estadístico no paramétrico con SPSS v.25. Se registraron mejoras significativas ($p<0,001$) en todas las dimensiones evaluadas, con incrementos notables en comprensión, motivación y trabajo colaborativo, respaldados por alta confiabilidad instrumental ($\alpha=0,992$) y correlaciones sólidas. El sistema acuapónico se valida como un recurso pedagógico efectivo que promueve equidad educativa, aprendizaje interdisciplinario significativo y actitudes favorables hacia la ciencia.

Palabras clave: Acuaponía; Aprendizaje activo; Enfoque interdisciplinario; Enseñanza secundaria; Evaluación de la educación

ABSTRACT

Contemporary scientific education demands active methodologies that integrate practical learning and sustainability principles, essential for developing 21st-century competencies. In this regard, the objective of this work was to evaluate the educational impact of the experimental implementation of an aquaponic system with *Oreochromis spp.* as an active didactic strategy on motivation, integrated scientific understanding, and skill development in high school students at the Nuestro Mundo Educational Unit. A quasi-experimental design with pre-test/post-test was implemented in 56 students, using validated Likert questionnaires and non-parametric statistical analysis with SPSS v.25. Significant improvements ($p<0.001$) were recorded in all evaluated dimensions, with notable increases in comprehension, motivation, and collaborative work, supported by high instrumental reliability ($\alpha=0.992$) and strong correlations. The aquaponic system is validated as an effective pedagogical resource that promotes educational equity, meaningful interdisciplinary learning, and favorable attitudes towards science.

Key words: Aquaponics; Active learning; Interdisciplinary approach; Secondary education; Educational evaluation

RESUMO

A educação científica contemporânea exige metodologias ativas que integrem aprendizagem prática e princípios de sustentabilidade, fundamentais para desenvolver competências do século XXI. A este respeito, o objetivo do trabalho foi avaliar o impacto educacional da implementação experimental de um sistema aquapônico com *Oreochromis spp.* como estratégia didática ativa, na motivação, na compreensão científica integrada e no desenvolvimento de habilidades em estudantes do ensino médio da Unidade Educativa Nuestro Mundo. Implementou-se um desenho quase-experimental com pré-teste/pós-teste em 56 estudantes, utilizando questionários Likert validados e análise estatística não paramétrica com SPSS v.25. Registraram-se melhorias significativas ($p<0,001$) em todas as dimensões avaliadas, com incrementos notáveis em compreensão, motivação e trabalho colaborativo, respaldados por alta confiabilidade instrumental ($\alpha=0,992$) e correlações sólidas. O sistema aquapônico valida-se como um recurso pedagógico eficaz que promove equidade educativa, aprendizagem interdisciplinar significativa e atitudes favoráveis à ciência.

Palavras-chave: Aquaponia; Aprendizagem ativa; Abordagem interdisciplinar; Ensino médio; Avaliação da educação

INTRODUCCIÓN

La educación científica contemporánea enfrenta el reto de transformar prácticas pedagógicas tradicionales para fomentar un aprendizaje profundo y aplicado. Investigaciones robustas demuestran que el aprendizaje activo incrementa significativamente el rendimiento estudiantil en ciencias, ingeniería y matemáticas, reduciendo además las tasas de fracaso académico (1). Esta evidencia sustenta un cambio de paradigma hacia metodologías que posicionan al estudiante como protagonista de su proceso formativo. Asimismo, la efectividad de estas estrategias, aunque ampliamente respaldada, varía según la calidad de su implementación y la atención a sus elementos centrales (2).

Complementariamente, la evaluación formativa emerge como un componente esencial para elevar los estándares de aprendizaje, pues provee retroalimentación continua que mejora el logro estudiantil (3). En este marco, el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) se consolida como una metodología idónea, al reportar mejoras en el rendimiento académico mediante la aplicación práctica del conocimiento (4). Su implementación se relaciona positivamente con el desarrollo de habilidades superiores como el pensamiento crítico en estudiantes de educación básica (5).

En consecuencia, la adopción de metodologías activas representa una transformación gradual

en la práctica docente, la cual requiere de capacitación y trabajo colaborativo para su consolidación (6). Esta transformación es crucial, dado que existe una relación demostrada entre el uso de estrategias de aprendizaje efectivas y un mejor rendimiento académico en secundaria (7). Además, estas metodologías se asocian con una mayor motivación y compromiso estudiantil, factores clave para un aprendizaje significativo (8).

Específicamente, el aprendizaje activo ha demostrado ser una herramienta equitativa, capaz de reducir el riesgo académico y las brechas de logro para estudiantes con diversas habilidades iniciales o de grupos subrepresentados (9,10). Su implementación en la educación superior, no obstante, enfrenta desafíos como la resistencia al cambio y la necesidad de recursos y evaluación adecuada, pese a sus beneficios en rendimiento y habilidades blandas (11). En el contexto del bachillerato, su uso es promovido para fomentar el pensamiento visible y la construcción activa del conocimiento (12).

Fundamentalmente, estas prácticas buscan promover un aprendizaje significativo, donde el nuevo conocimiento se ancla de manera sólida en la estructura cognitiva previa del estudiante, transformando así la experiencia educativa (13). La eficacia de este enfoque se corrobora en diversas disciplinas; por ejemplo, en economía matemática, los grupos sometidos a aprendizaje activo rinden

significativamente mejor que los grupos de control (14). La percepción estudiantil refuerza este valor, al reconocer en las aulas activas la base para un entorno de aprendizaje sostenible y efectivo (15).

En este escenario pedagógico, los sistemas acuapónicos emergen como un recurso didáctico excepcionalmente integrador. Esta tecnología combina la acuicultura con la hidroponía en un circuito cerrado y simbiótico, representando un modelo tangible de producción sostenible y eficiencia en el uso de recursos (16). La acuicultura, como componente central, ofrece notables oportunidades para impulsar el desarrollo sostenible cuando se gestiona con prácticas responsables (17). Desde el punto de vista agronómico, sistemas acuapónicos han demostrado viabilidad técnica, como en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) donde una mayor densidad de peces (tilapia) favoreció significativamente el crecimiento vegetal (18).

Experiencias locales en Ecuador validan este potencial, mostrando que la implementación de sistemas acuapónicos, acompañada de capacitación, puede impulsar la producción sostenible a nivel rural, con resultados observables en el crecimiento de peces y plantas en períodos cortos (19). La versatilidad del sistema se extiende más allá de la producción de hortalizas básicas, permitiendo también el cultivo de especies aromáticas con perfiles de calidad adecuados, lo

que amplía su aplicabilidad educativa y productiva (20). Incluso a pequeña escala, los prototipos acuapónicos han demostrado ser técnicamente viables para el aprovechamiento de efluentes piscícolas en la producción de cultivos como el tomate (21).

La integración de tecnologías de control, como la iluminación LED en ambientes protegidos, puede optimizar aún más estos sistemas, apuntando a una mayor eficiencia energética y productividad, lo que añade una capa adicional de complejidad y aprendizaje tecnológico (22). Por lo tanto, implementar un sistema acuapónico en un entorno escolar no solo ilustra principios de biología, química y física, sino que también introduce conceptos de ingeniería, sostenibilidad y manejo de recursos. Esta interdisciplinariedad lo convierte en un laboratorio vivo ideal para aplicar metodologías activas.

En consecuencia, surgen las siguientes preguntas de investigación: ¿De qué manera la implementación de un sistema acuapónico de cultivo de *Oreochromis* spp. (tilapia roja) influye en la motivación y el interés por las ciencias experimentales en estudiantes de bachillerato? ¿Qué impacto tiene esta estrategia didáctica activa en la comprensión integrada de conceptos científicos (biológicos, químicos y físicos) y en el desarrollo de habilidades instrumentales y de trabajo colaborativo?

Por consiguiente, el objetivo de esta investigación es evaluar el impacto educativo de la implementación experimental de un sistema acuapónico con *Oreochromis spp.* como estrategia didáctica activa, en la motivación, la comprensión científica integrada y el desarrollo de habilidades en estudiantes de bachillerato de la Unidad Educativa Nuestro Mundo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo con un diseño cuasi-experimental de pre-test y post-test en un solo grupo. La investigación se llevó a cabo en la Unidad Educativa Nuestro Mundo, ubicada en Salinas, Ecuador, durante el año lectivo 2023-2024. El propósito fue medir el impacto de una intervención educativa activa centrada en un sistema acuapónico.

Además, el diseño experimental consistió en la implementación de un sistema acuapónico de circuito cerrado para el cultivo de *Oreochromis spp.* (tilapia roja) y plantas asociadas, integrado con la metodología pedagógica Flipped Classroom o aula invertida. Esta integración permitió que los estudiantes revisaran contenidos teóricos (videos, lecturas) en la plataforma Runachay 48-72 horas antes de las sesiones prácticas, dedicando el tiempo presencial al trabajo directo con el sistema, la resolución de dudas y la experimentación guiada.

Posteriormente, se definió la población de estudio como todos los estudiantes de bachillerato de la institución. La muestra fue de 56 estudiantes, seleccionada mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, dada la accesibilidad al grupo y la viabilidad operativa para no alterar la dinámica escolar habitual. Este tamaño muestral se consideró adecuado para análisis estadísticos inferenciales básicos.

Para definir la participación, se establecieron criterios de inclusión: ser estudiante regular de bachillerato en la institución, contar con el consentimiento informado propio y de sus representantes legales, y asistir regularmente a las sesiones del proyecto. Se excluyó a estudiantes que no completaron ambas encuestas (pre y post-test) o que tuvieron una participación irregular en las actividades prácticas.

Respecto a las técnicas e instrumentos, se utilizaron dos cuestionarios validados (pre-test y post-test) con escala Likert de cinco puntos (1=Muy en desacuerdo a 5=Muy de acuerdo). El pre-test evaluó cinco dimensiones mediante 15 ítems: Conocimiento previo sobre sistemas sustentables (3 ítems), Comprensión inicial de ciencias integradas (3 ítems), Interés y motivación (3 ítems), Expectativas educativas (3 ítems) y Actitud y disposición para participar (3 ítems).

Posteriormente, el post-test evaluó cinco dimensiones paralelas a través de otros 15 ítems: Comprensión adquirida sobre sistemas sustentables (3 ítems), Fortalecimiento en ciencias integradas (3 ítems), Motivación e interés después de la experiencia (3 ítems), Percepción del aporte educativo (3 ítems) y Participación y responsabilidad durante la experiencia (3 ítems). Ambos instrumentos demostraron una alta confiabilidad interna.

Para analizar los datos, se empleó el software estadístico IBM SPSS Statistics v.25. Inicialmente, se realizó un análisis descriptivo calculando medias y desviaciones estándar para cada dimensión en ambos momentos. Se evaluó la normalidad de la distribución de los datos mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, la cual indicó una distribución no normal ($p < 0.05$), justificando el uso de estadística no paramétrica.

Consecuentemente, para comparar las puntuaciones pre y post intervención y probar la hipótesis de impacto, se aplicó la Prueba de los Rangos con Signo de Wilcoxon para muestras relacionadas. Adicionalmente, se calculó el coeficiente de correlación Rho de Spearman entre las dimensiones del post-test para explorar sus interrelaciones. La fiabilidad de los cuestionarios se verificó con el Alfa de Cronbach.

Adicionalmente, se garantizaron los principios éticos de la investigación. Se obtuvo

el consentimiento informado y asentimiento de los participantes y sus representantes legales. Se protegió la confidencialidad y el anonimato de los datos, utilizándolos exclusivamente con fines académicos. La participación fue voluntaria y no conllevó ningún riesgo físico o psicológico para los estudiantes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de fiabilidad del instrumento aplicado como pre-test, mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, arrojó un valor de 0.843. Este resultado, superior al umbral de aceptación de 0.70, indica una consistencia interna excelente para el cuestionario de 15 ítems, validando su confiabilidad para medir las dimensiones previstas antes de la intervención didáctica.

Posteriormente, los estadísticos descriptivos del pre-test revelaron el estado basal de la muestra. Las dimensiones cognitivas mostraron las medias más bajas: Conocimiento previo ($M=2.43$, $DE=1.06$) y Comprensión inicial ($M=2.46$, $DE=1.00$), evidenciando un dominio limitado de los conceptos antes del proyecto. En contraste, las dimensiones afectivas, Interés y motivación ($M=3.35$, $DE=1.27$) y Expectativas educativas ($M=3.39$, $DE=1.05$), presentaron puntuaciones más altas, reflejando una actitud favorable hacia la metodología activa a pesar del desconocimiento teórico Tabla 1.

Por otro lado, la dimensión Actitud y disposición para participar obtuvo una media de 2.86 (DE=1.25), ligeramente por debajo del punto neutro. Esto señaló una predisposición inicial moderada hacia el trabajo colaborativo y la asunción de responsabilidades en un proyecto experimental, con una dispersión que sugería heterogeneidad en el compromiso percibido por los estudiantes Tabla 1.

Tras la intervención, el análisis de fiabilidad del post-test mostró un Alfa de Cronbach de 0.992, denotando una consistencia interna casi perfecta. Este incremento sustancial respecto al pre-test sugiere que la experiencia práctica homogeneizó la comprensión de los ítems por

parte de los estudiantes, resultando en respuestas más coherentes y un instrumento de medición sumamente confiable para la fase final Tabla 1.

En consecuencia, los resultados del post-test demostraron una mejora generalizada en todas las dimensiones. La Comprensión adquirida alcanzó la media más alta (M=4.22, DE=0.78), indicando un aprendizaje sólido y homogéneo. Le siguió la Motivación e interés (M=4.23, DE=0.83), confirmando que la estrategia activa potenció el engagement. La Percepción del aporte educativo (M=4.15, DE=0.87) y el Fortalecimiento en ciencias integradas (M=3.92, DE=0.97) también mostraron avances notables Tabla 1.

Table 1. Estadísticos descriptivos, dimensiones del Pre-test.

Dimensiones	N	Media	DE
Conocimiento previo	56	2,4345	1,05777
Comprensión inicial	56	2,4643	,99834
Interés y motivación	56	3,3452	1,26804
Expectativas educativas	56	3,3869	1,05175
Actitud y disposición	56	2,8571	1,25022
N válido (por lista)	56		

El análisis de fiabilidad del cuestionario aplicado como post-test, tras la intervención educativa, arrojó un coeficiente Alfa de Cronbach de 0.992. Este valor, prácticamente perfecto y muy superior al umbral de excelencia de 0.90,

demuestra una consistencia interna excepcional del instrumento compuesto por 15 ítems. Tal grado de confiabilidad indica que las respuestas de los estudiantes fueron altamente coherentes y que el cuestionario midió de forma unívoca y

estable los constructos diseñados para evaluar la percepción posterior a la experiencia con el sistema acuapónico.

Este elevado valor de fiabilidad contrasta marcadamente con el obtenido en el pre-test ($\alpha=0.843$) y sugiere un fenómeno pedagógico relevante. La intervención práctica con el sistema acuapónico no solo modificó las percepciones, sino que también homogenizó la comprensión de los conceptos evaluados entre los estudiantes. Esta uniformidad en la interpretación de los ítems refleja una consolidación clara y compartida del aprendizaje obtenido, reduciendo la ambigüedad o la diversidad de interpretaciones que podrían existir antes de la experiencia.

Además, la fiabilidad casi perfecta del post-test proporciona una base métrica sólida y confiable para los análisis inferenciales subsiguientes. Garantiza que las correlaciones y las comparaciones estadísticas realizadas se sustentan en datos robustos, minimizando el error atribuible a la falta de precisión del instrumento de medición. Esta solidez instrumental es fundamental para validar cualquier conclusión sobre el impacto de la estrategia didáctica.

Por lo tanto, este resultado trasciende la mera validación métrica y se convierte en un indicador indirecto del éxito de la intervención. Un instrumento tan confiable en la fase posterior sugiere que los estudiantes alcanzaron una comprensión tan clara y generalizada de los

temas abordados, que sus valoraciones fueron consistentes y precisas. Esto respalda la idea de que el proyecto acuapónico funcionó como un eficaz modelo integrador y nivelador del conocimiento.

En consecuencia, la excelente fiabilidad del post-test, en conjunción con los altos valores de las medias obtenidas en cada dimensión, constituye un pilar fundamental para afirmar la efectividad de la metodología activa implementada. Este resultado metodológico valida la calidad de los datos recogidos y, por extensión, fortalece la credibilidad de las conclusiones generales de la investigación sobre el impacto educativo positivo del sistema acuapónico.

Por otra parte, los estadísticos descriptivos del post-test, correspondientes a la evaluación tras la intervención con el sistema acuapónico, evidencian una mejora sustancial y generalizada en todas las dimensiones evaluadas. La dimensión Comprensión adquirida obtuvo la media más alta ($M=4.22$), acompañada de la menor dispersión ($DE=0.78$), lo que indica un aprendizaje profundo y homogéneo entre los 56 estudiantes respecto a los principios de los sistemas sustentables. Además, la dimensión Motivación e interés registró una media igualmente elevada ($M=4.23$, $DE=0.83$), situándose como la más alta del estudio. Este resultado confirma que la metodología activa, centrada en la manipulación directa del ecosistema, actuó como un potente catalizador del compromiso estudiantil, generando un

entusiasmo generalizado por las ciencias experimentales Tabla 2.

En relación a la Percepción del aporte educativo también mostró una valoración muy positiva ($M=4.15$, $DE=0.87$), lo que sugiere que los alumnos reconocieron de manera clara y consistente la utilidad práctica y la relevancia pedagógica del proyecto para su formación académica integral. Sin embargo, el Fortalecimiento en ciencias integradas presentó una media ligeramente inferior ($M=3.92$), aunque con una dispersión aceptable ($DE=0.97$). Esto refleja una mejora significativa en la comprensión interdisciplinaria, aunque persiste

cierta variabilidad en la asimilación de conceptos específicos de biología, química y física aplicados al sistema Tabla 2.

Por último, la dimensión Participación y responsabilidad alcanzó una media de 3.86, la más baja del post-test, y conservó la mayor desviación estándar ($DE=1.04$). Este patrón señala que, si bien la intervención mejoró la disposición al trabajo colaborativo y la asunción de tareas, la experiencia en la operación práctica del sistema y la dinámica de responsabilidades compartidas fue percibida con mayor diversidad entre los participantes Tabla 2.

Table 2. Estadísticos descriptivos por dimensiones (Post-test).

Dimensiones	N	Media	DE
Comprensión adquirida	56	4,2202	,78438
Fortalecimiento Educativo	56	3,9167	,96870
Motivación e interés	56	4,2262	,83147
Percepción del aporte educativo	56	4,1548	,86682
Participación y responsabilidad	56	3,8631	1,04210
N válido (por lista)	56		

El análisis de correlación Rho de Spearman entre las cinco dimensiones evaluadas en el post-test reveló la existencia de asociaciones estadísticamente significativas ($p < 0.001$) de magnitud fuerte a muy fuerte. Todos los coeficientes de correlación oscilaron entre 0.947

y 0.981, indicando una interdependencia sólida y positiva entre la Comprensión adquirida (CA), el Fortalecimiento Educativo (FE), la Motivación e interés (MI), la Percepción del aporte educativo (PAE) y la Participación y responsabilidad (PR), Tabla 3.

Además, se observó que la dimensión Comprensión adquirida presentó las correlaciones más elevadas, especialmente con Participación y responsabilidad ($r=0.981$) y con Motivación e interés ($r=0.977$). Este patrón sugiere que el aprendizaje conceptual no fue un proceso aislado, sino que estuvo profundamente vinculado con el compromiso activo y el entusiasmo de los estudiantes durante el desarrollo del proyecto. Por otro lado, la Motivación e interés también correlacionó de manera muy fuerte con la Percepción del aporte educativo ($r=0.949$) y con el Fortalecimiento en ciencias integradas ($r=0.963$). Esto refuerza la idea de que el valor práctico reconocido en la actividad y la integración interdisciplinaria percibida fueron factores clave que alimentaron la motivación intrínseca de los participantes, Tabla 3.

Este resultado corrobora que las dimensiones cognitivas, afectivas y procedimentales evaluadas funcionaron como un sistema sinérgico. La mejora en una de ellas, como la comprensión, estuvo acompañada de mejoras proporcionales en las demás, como la motivación y la percepción de utilidad, dentro del contexto de la experiencia educativa activa con el sistema acuapónico. En síntesis, los resultados del análisis correlacional demuestran que el impacto de la estrategia didáctica fue integral y holístico. La intervención no produjo mejoras aisladas en variables específicas, sino que generó un avance cohesionado en el dominio conceptual, la disposición actitudinal y la práctica colaborativa, sustentando la eficacia del modelo acuapónico como un entorno de aprendizaje profundamente interconectado, Tabla 3.

Table 3. Análisis correlacional de las dimensiones del Post-test.

Dimensiones			CA	FE	MI	PAE	PR
Rho de Spearman	CA	Coefficiente de correlación	1,000	,970***	,977***	,965***	,981***
		Sig. (bilateral)	.	<,001	<,001	<,001	<,001
		N	56	56	56	56	56
	FE	Coefficiente de correlación	,970***	1,000	,963***	,947***	,962***
		Sig. (bilateral)	<,001	.	<,001	<,001	<,001
		N	56	56	56	56	56
	MI	Coefficiente de correlación	,977***	,963***	1,000	,949***	,977***
		Sig. (bilateral)	<,001	<,001	.	<,001	<,001
		N	56	56	56	56	56
	PAE	Coefficiente de correlación	,965***	,947***	,949***	1,000	,949***
		Sig. (bilateral)	<,001	<,001	<,001	.	<,001
		N	56	56	56	56	56
	PR	Coefficiente de correlación	,981***	,962***	,977***	,949***	1,000
		Sig. (bilateral)	<,001	<,001	<,001	<,001	.
		N	56	56	56	56	56

La Tabla 4 presenta los resultados de la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov aplicada a las puntuaciones de las dimensiones evaluadas en el pretest y posttest. Los valores de significancia (Sig.) para la mayoría de las dimensiones son inferiores a 0.05, indicando una distribución no normal de los datos. Esta falta de normalidad es particularmente clara en las variables del posttest, donde todos los valores de p son menores a 0.001. Este resultado justificó metodológicamente la elección de pruebas estadísticas no paramétricas para los análisis comparativos posteriores.

Además, se observa una excepción notable en la dimensión "Expectativas educativas" del pretest, cuyo valor de significancia es de 0.200. Este resultado, superior al umbral de 0.05, sugiere que la distribución de las puntuaciones iniciales en esta variable afectiva específica podría aproximarse a la normalidad. Esta particularidad podría atribuirse a una actitud inicial más homogénea y positiva hacia la metodología proyectada entre los estudiantes antes de la intervención.

Por otro lado, los estadísticos de la prueba (Estadístico) para las dimensiones del posttest son notablemente más altos, especialmente para Motivación e interés (0.238) y Percepción del aporte educativo (0.264). La magnitud de

estos valores refuerza la conclusión de una distribución no normal, mostrando una mayor dispersión o asimetría en las respuestas después de la experiencia práctica. Esto refleja el impacto heterogéneo pero intenso de la intervención en las percepciones estudiantiles.

En consecuencia, los resultados de esta tabla constituyen un fundamento estadístico crucial para la validez del análisis. La confirmación de la no normalidad permitió emplear la prueba de Wilcoxon de manera adecuada, garantizando que las comparaciones entre el pretest y el posttest no violaran los supuestos de las pruebas paramétricas. Así, la solidez del diseño metodológico queda respaldada por este diagnóstico inicial de las propiedades de los datos.

Adicionalmente, este análisis distribucional enriquece la interpretación de los resultados. La no normalidad en el posttest, junto con las altas medias reportadas, puede sugerir que la intervención generó un cambio positivo intenso y generalizado, pero con una cierta variabilidad en la forma en que los estudiantes internalizaron y valoraron la experiencia. La tabla 7, por tanto, no solo cumple un requisito metodológico, sino que también insinúa la naturaleza transformadora de la estrategia didáctica aplicada.

Tabla 4. Prueba de normalidad para las variables de impacto de la estrategia didáctica acuapónica.

Dimensiones	Estadístico	Kolmogorov-Smirnov ^a	
		gl	Sig.
Conocimiento previo	,142	56	,007
Comprensión inicial	,143	56	,006
Interés y motivación	,144	56	,006
Expectativas educativas	,090	56	,200*
Actitud y disposición	,127	56	,026
Comprensión adquirida	,215	56	<,001
Fortalecimiento Educativo	,173	56	<,001
Motivación e interés	,238	56	<,001
Percepción del aporte educativo	,264	56	<,001
Participación y responsabilidad	,202	56	<,001

La Tabla 5, presenta los resultados de la Prueba de Rangos con Signo de Wilcoxon, la cual compara las puntuaciones de los 56 estudiantes en las dimensiones evaluadas antes y después de la intervención con el sistema acuapónico. Para todas las comparaciones apareadas, el número de rangos positivos es abrumadoramente mayor, indicando que las puntuaciones del post-test superaron consistentemente a las del pre-test. Los valores Z, que oscilan entre -5.888 y -6.551, son considerablemente altos en magnitud, y sus correspondientes valores de significancia asintótica bilaterales son menores a 0.001. Este resultado proporciona evidencia estadística robusta para rechazar la hipótesis nula.

Además, se observa que en las comparaciones de las dimensiones cognitivas (CA-CP y FE-CI) los 56 casos presentaron rangos positivos, sin empates ni rangos negativos. Esto demuestra que la mejora

en la comprensión conceptual y el fortalecimiento educativo fue unánime y de gran magnitud en toda la muestra. La suma de rangos positivos de 1596 en ambas comparaciones, con un rango promedio de 28.5, refleja un cambio drástico y uniforme a favor del post-test, confirmando el impacto positivo de la estrategia didáctica en el aprendizaje científico integrado Tabla 5.

Por otro lado, en las dimensiones afectivas y procedimentales (MI-IM, PAE-EE y PR-AD) se registraron algunos empates, lo que indica que un subgrupo de estudiantes mantuvo percepciones similares antes y después de la intervención. No obstante, la presencia de 45 a 51 rangos positivos y la ausencia total de rangos negativos subrayan que la tendencia general fue de mejora significativa. Este patrón sugiere que, si bien el efecto fue mayoritario, la intensidad del cambio en motivación, percepción de utilidad y sentido de

responsabilidad puede haber variado ligeramente entre individuos, Tabla 5.

En consecuencia, los resultados de la Tabla 5 validan estadísticamente las mejoras descriptivas reportadas previamente. Los valores de significancia extremadamente bajos ($p < .001$) permiten concluir con un alto grado de confianza que las diferencias observadas no son aleatorias, sino atribuibles a la intervención educativa. Esto fortalece sustancialmente la tesis central del estudio sobre la efectividad del sistema acuapónico como estrategia activa, Tabla 5.

Finalmente, estos resultados cuantitativos se alinean con el marco teórico presentado en la introducción, el cual postula que las metodologías activas potencian el compromiso y el aprendizaje. La magnitud de los estadísticos Z y la consistencia de las mejoras a través de dimensiones cognitivas, afectivas y procedimentales respaldan la noción de un impacto integral y holístico, proporcionando una base sólida para las conclusiones y recomendaciones pedagógicas del estudio, Tabla 5.

Tabla 5. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon.

Dimensiones		N	Rango promedio	Suma de rangos	
CA-CP:	Rangos negativos	0 ^a	,00	,00	
	Rangos positivos	56 ^b	28,50	1596,00	
	Empates	0 ^c			
	Total	56			
FE-CI	Rangos negativos	0 ^d	,00	,00	
	Rangos positivos	56 ^e	28,50	1596,00	
	Empates	0 ^f			
	Total	56			
MI-IM:	Rangos negativos	0 ^g	,00	,00	
	Rangos positivos	45 ^h	23,00	1035,00	
	Empates	11 ⁱ			
	Total	56			
PAE-EE	Rangos negativos	0 ^j	,00	,00	
	Rangos positivos	46 ^k	23,50	1081,00	
	Empates	10 ^l			
	Total	56			
PR-AD	Rangos negativos	0 ^m	,00	,00	
	Rangos positivos	51 ⁿ	26,00	1326,00	
	Empates	5 ^o			
	Total	56			
Resultados de Prueba de hipotesis de Wilcoxon					
Estadígrafos	CA-CP	FE-CI	MI-IM	PAE-EE	PR-AD
Z	-6,551 ^b	-6,545 ^b	-5,888 ^b	-5,960 ^b	-6,239 ^b
Sig. asin. (bilateral)	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001

Nota: CA-CP: Comprensión adquirida - Conocimiento previo; FE-CI: Fortalecimiento Educativo - Comprensión inicial; MI-IM: Motivación e interés - Interés y motivación; PAE-EE: Percepción del aporte educativo - Expectativas educativas; PR-AD: Participación y responsabilidad - Actitud y disposición.

Discusión

Los resultados de este estudio confirman que la implementación de un sistema acuapónico como estrategia didáctica activa generó mejoras significativas en la motivación, comprensión conceptual y habilidades colaborativas en estudiantes de bachillerato. Este resultado central se alinea con la evidencia reportada por otros autores (1), quienes establecieron que el aprendizaje activo incrementa el rendimiento en ciencias. Sin embargo, mientras su metaanálisis cuantifica una mejora generalizada, la investigación profundiza al demostrar cómo un recurso concreto (acuaponía) homogeniza el aprendizaje y reduce brechas cognitivas dentro de un aula específica.

En primer lugar, la mejora sustancial en las dimensiones cognitivas concuerda con los postulados sobre la efectividad variable de las metodologías activas (2), según su implementación. El diseño, que integró el aula invertida con la práctica directa, atendió a estos elementos centrales, lo que probablemente potenció los resultados. Esta atención a la calidad operativa coincide con las observaciones que identificaron que la transformación pedagógica requiere capacitación y un diseño cuidadoso para consolidarse (6).

Adicionalmente, el notable incremento en la motivación e interés de los estudiantes

refleja resultados previos que correlacionaron el aprendizaje activo con una mayor motivación y compromiso (8). Los datos van un paso más allá al mostrar que esta motivación estuvo fuertemente asociada a la percepción de utilidad práctica, un vínculo que sustenta la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel (13).

Por otro lado, el efecto homogeneizador del sistema, evidenciado por la reducción en la desviación estándar de las puntuaciones cognitivas, encuentra un paralelo crucial en el trabajo de otros autores (10). Dichos autores demostraron que el aprendizaje activo reduce brechas de logro para estudiantes subrepresentados. El estudio corrobora este principio de equidad en un contexto de bachillerato, sugiriendo que la acuaponía puede ser una herramienta niveladora.

Sin embargo, al contrastar con investigaciones sobre implementación (11), se reconocen desafíos compartidos. Mientras ellos identifican resistencia al cambio y necesidad de recursos, el proyecto logró una adopción exitosa, posiblemente debido a su naturaleza tangible y al enfoque de aula invertida que preparó el terreno afectivo, minimizando resistencias iniciales.

En cuanto a la integración interdisciplinaria, los resultados sobre el fortalecimiento en ciencias integradas apoyan las conclusiones de otras investigaciones (4) respecto al Aprendizaje

Basado en Proyectos. La acuaponía funcionó como un proyecto integrador superior, facilitando la conexión de conceptos de biología, química y física de manera más efectiva que lo reportado en estudios de ABP genérico.

Respecto al desarrollo de habilidades, la mejora en participación y trabajo colaborativo coincide con las estrategias activas con el pensamiento crítico (5). No obstante, la mayor dispersión en esta dimensión en el post-test sugiere que la asunción de responsabilidades prácticas es más variable que la comprensión conceptual, un matiz que enriquece la discusión sobre la transferencia de habilidades.

Desde la perspectiva de la educación para la sostenibilidad, el uso de la acuaponía como laboratorio vivo se conecta directamente con resultados que destacaron que los estudiantes valoran los entornos de aprendizaje sostenibles (15). El sistema materializó este concepto, y la alta percepción de su aporte educativo refleja esa valoración positiva del aprendizaje contextualizado y aplicado.

Al comparar con estudios técnicos de acuaponía (18,19), se establece un puente entre la viabilidad productiva y el potencial educativo. Mientras ellos demuestran la eficacia técnica para cultivar plantas y peces, la investigación traslada ese sistema al aula, probando su viabilidad como

modelo pedagógico y ampliando su aplicabilidad más allá de la producción (16,20).

Metodológicamente, la elección de pruebas estadísticas no paramétricas, justificada por los resultados de normalidad, se alinea con las recomendaciones para seleccionar pruebas adecuadas a las propiedades de los datos (23,24). Esto fortalece la validez de las conclusiones, un aspecto crítico señalado también al discutir la evaluación del aprendizaje activo (25).

Además, las implicaciones para la política educativa señalaron quienes abogan por la institucionalización de estrategias activas con apoyo docente (26,27). La conclusión recomienda integrar la acuaponía en el currículo, no solo para ciencias, sino como modelo de educación para la sostenibilidad, una propuesta que sintetiza el potencial productivo descrito con los objetivos pedagógicos contemporáneos (17).

CONCLUSIONES

La presente investigación confirma que la integración de sistemas acuapónicos dentro de estrategias de aprendizaje activo constituye un recurso pedagógico de alto impacto para la educación científica en el nivel de bachillerato. Los resultados demuestran que este enfoque no solo facilita la adquisición de conocimientos complejos, sino que también transforma positivamente

el ambiente de aprendizaje, promoviendo un compromiso profundo y significativo entre los estudiantes.

Además, la estrategia se revela como un potente instrumento de equidad educativa. Al homogenizar la comprensión conceptual y reducir las brechas iniciales de conocimiento, el modelo acuapónico funciona como un nivelador efectivo dentro del aula. Esto sugiere que su implementación puede contribuir a democratizar el acceso a una comprensión sólida de las ciencias, asegurando que un mayor número de estudiantes alcance un dominio competente de los contenidos curriculares integrados.

En consecuencia, se valida la interdisciplinariedad como un pilar fundamental para la enseñanza contemporánea. La naturaleza misma del sistema, que entrelaza principios biológicos, químicos y físicos, provee un contexto auténtico para el aprendizaje aplicado. Esta integración favorece una comprensión holística y supera la fragmentación tradicional del conocimiento, preparando a los estudiantes para abordar problemas complejos con una perspectiva sistémica.

Por otro lado, la experiencia evidencia que la motivación intrínseca y la percepción de utilidad son factores sinérgicos catalizados por la metodología activa. Cuando los estudiantes reconocen la aplicabilidad práctica de lo aprendido

en un proyecto tangible, su compromiso cognitivo y emocional se intensifica. Este círculo virtuoso entre motivación y aprendizaje profundo es esencial para construir una disposición favorable hacia la investigación y las carreras científicas.

Por lo tanto, los resultados abogan por una transformación curricular que priorice espacios para la experimentación directa y el trabajo colaborativo basado en proyectos. La inclusión de tecnologías sostenibles, como la acuaponía, ofrece un doble beneficio: actualiza los métodos de enseñanza y simultáneamente educa en principios críticos de sostenibilidad y seguridad alimentaria, temas urgentes en la agenda global.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS

1. Freeman S, Eddy S, McDonough M, Smith M, Okoroafor N, Jordt H, et al. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proc Natl Acad Sci.* 2014;111(23):8410-5. <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.1319030111>
2. Prince M. Does Active Learning Work? A Review of the Research. *J Eng Educ.* 2004;93(3):223-31. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>
3. Black P, Wiliam D. Inside the Black Box: Raising Standards through Classroom Assessment. *Phi Delta Kappan.* 2010;92(1):81-90. <https://doi.org/10.1177/003172171009200119>
4. Barrera F, Venegas I, Ibacache L. El efecto del Aprendizaje Basado en Proyectos en el rendimiento académico de los estudiantes. *Rev Estud Exp En*

- Educ. 2022;21(46):277-91. http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-51622022000200277&lng=es&nrm=iso&tlng=en
5. Cusquillo J, Cambell C, Vera A, Morán Y, Santander M. Estrategias Activas de Aprendizaje: Incidencia en el Rendimiento Académico de Estudiantes de Básica Superior. *Cienc Lat Rev Científica Multidiscip.* 2025;9(2):6469-80. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/17380>
6. Guaita E. Las metodologías activas en el desarrollo del aprendizaje de los estudiantes [masterThesis]. Quito, EC: Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador; 2024. <http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/9912>
7. Guerrón M, Sequera G, Reyes V, Lugo K, García A. Learning strategies and academic achievement in secondary school students: how they learn and their effects on performance. *Prohominum.* 2024;6(3):194-207. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2665-01692024000300194&lng=es&nrm=iso&tlng=es
8. Halimi F, Tryzna M, Brunstein A. Motivational orientation and perception of active learning instruction by pre-service language teachers. *Front Psychol.* 2024;15. <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2024.1307733/full>
9. Lagubeau G. Active learning reduces academic risk of students with nonformal reasoning skills: Evidence from an introductory physics massive course in a Chilean public university. *Phys Rev Phys Educ Res.* 2020;16(2).
10. Theobald E, Hill M, Tran E, Agrawal S, Arroyo E, Behling S, et al. Active learning narrows achievement gaps for underrepresented students in undergraduate science, technology, engineering, and math. *Proc Natl Acad Sci.* 2020;117(12):6476-83. <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.1916903117>
11. Mayorga M, Tagua A, Muyulema D, Velastegui R. Estudio sobre la implementación de metodologías activas en la educación superior: beneficios y desafíos. 593 *Digit Publ CEIT.* 2024;9(Extra 4-1):196-208. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9676176>
12. Moncayo HB, Prieto YL. El uso de metodologías de aprendizaje activo para fomentar el desarrollo del pensamiento visible en los estudiantes de bachillerato de U.E.F. Víctor Naranjo Fiallo. 593 *Digit Publ CEIT.* 2022;7(Extra 1-1):43-57. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8292489>
13. Moreira S, Beltrón A, Beltrón C. Aprendizaje significativo una alternativa para transformar la educación. *Dominio Las Cienc.* 2021;7(2):915-24. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8231789>
14. Ng P, Karjanto N. Enhancing academic performance: The impact of active learning in mathematical economics. *arXiv*; 2023. <http://arxiv.org/abs/2311.12837>
15. Peng L, Jin S, Deng Y, Gong Y, Peng L, Jin S, et al. Students' Perceptions of Active Learning Classrooms from an Informal Learning Perspective: Building a Full-Time Sustainable Learning Environment in Higher Education. *Sustainability.* 2022;14(14). <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/14/8578>
16. Cifuentes A, Leguizamón A, Zambrano J, Landines M. Factores clave y tendencias en los sistemas acuapónicos: revisión de literatura. *Rev Fac Med Vet Zootec.* 2023;70(3). http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-29522023000300008&lng=en&nrm=iso&tlng=es
17. Berger C. La acuicultura y sus oportunidades para lograr el desarrollo sostenible en el Perú. *South Sustain.* 2020;1(1):e003-e003. <https://revistas.cientifica.edu.pe/index.php/southsustainability/article/view/585>
18. Simón W, Trelles A. Sistema acuapónico del crecimiento de lechuga, *Lactuca sativa*, con efluentes de cultivo de tilapia. *REBIOL.* 2014;34(2):60-72. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/faccbiol/article/view/770>
19. Carrasco V, Moreno L, Anchundia Y. Desarrollo e implementación de sistemas acuapónicos como alternativa sostenible en la parroquia Sabanilla, Guayas, Ecuador. *Rev ESPAMCIENCIA.* 2025;16(2):22-9. https://revistasespam.espam.edu.ec/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/575

- 20.** Riaño R, Páez A, Villamil P, Torres A, Gómez E. Producción de Lactuca Sativa L. y Ocimum Basilicum L. en acuaponía: caracterización de aceites esenciales. *Cienc En Desarro.* 2024;15(2):179-85. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0121-74882024000200179&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- 21.** Pantoja S, Montaña D, Bonilla L, Salcedo C, Rada L, Casabianca L. Diseño y construcción de un prototipo de sistema acuapónico para el aprovechamiento y tratamiento de desechos de piscicultura de la Hacienda La Cosmopolitana, Restrepo – Meta. *Rev Tecnol.* 2015;14(2):97-104. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6041482>
- 22.** Villagran E, Espitia JJ, Rodriguez J, Gomez L, Amado G, Baeza E, et al. Use of Lighting Technology in Controlled and Semi-Controlled Agriculture in Greenhouses and Protected Agriculture Systems—Part 1: Scientific and Bibliometric Analysis. *Sustainability.* 2025;17(4). <https://www.mdpi.com/2071-1050/17/4/1712>
- 23.** Flores E, Miranda M, Villasís M. El protocolo de investigación VI: cómo elegir la prueba estadística adecuada. *Estadística inferencial. Rev Alerg México.* 2017;64(3):364-70. <https://scielo.org.mx/pdf/ram/v64n3/2448-9190-ram-64-03-0364.pdf>
- 24.** Pedrosa I, Juarros J, Robles A, Basteiro J, García E. Pruebas de bondad de ajuste en distribuciones simétricas, ¿qué estadístico utilizar? *Univ Psychol* 2015;14(1):245-54. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1657-92672015000100021&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- 25.** Nguyen K, Borrego M, Finelli CJ, DeMonbrun M, Crockett C, Tharayil S, et al. Instructor strategies to aid implementation of active learning: a systematic literature review. *Int J STEM Educ [Internet].* 15 de marzo de 2021 [citado 15 de enero de 2026];8(1):9. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00270-7>
- 26.** Sahito Z, Khoso F, Phulpoto J. The Effectiveness of Active Learning Strategies in Enhancing Student Engagement and Academic Performance. *J Soc Sci Rev.* 2025;5(1):110-27. <https://jssr.com.pk/index.php/jssr/article/view/471>
- 27.** Rojas R, Resino D, Guerra O. Estrategias de Aprendizaje y su Impacto Académico en Estudiantes de Educación Superior: Revisión Sistemática 2016-2023. *Cienc Lat Rev Científica Multidiscip.* 2024;8(1):663-89. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/9451>