

Ecografía clínica como herramienta de aprendizaje activo en estudiantes de Medicina: estudio cuasiexperimental antes-después.

Point-of-Care Ultrasound as an active learning tool for medical students: a before-and-after quasi-experimental study.

Yale Tung-Chen^{1,2*}, María Angustias Quesada Simón^{1,2}, Alberto Moreno Fernández¹, Raquel Marín Baselga¹, Manuel Quintana-Díaz^{2,3}, Rafael Peinado-Peinado⁴.

¹ Servicio de Medicina Interna, Hospital Universitario La Paz, Paseo de la Castellana 261, 28046 Madrid, España; yale.tung@uam.es; mangustias.quesada@uam.es; a.moreno@salud.madrid.org; rmarinb@salud.madrid.org.

² Departamento de Medicina, Universidad Autónoma de Madrid, Arzobispo Morcillo 4, 28029 Madrid, España.

³ Unidad de Cuidados Intensivos, Hospital Universitario La Paz, Paseo de la Castellana 261, 28046 Madrid, España; manuel.quintana@uam.es.

⁴ Vicedecano de Docencia Clínica, Universidad Autónoma de Madrid, Arzobispo Morcillo 4, 28029 Madrid, España; Servicio de Cardiología, Hospital Universitario La Paz, Paseo de la Castellana 261, 28046 Madrid, España; rafael.peinado@uam.es.

* Correspondencia: yale.tung@uam.es

Recibido: 1/6/26; Aceptado: 20/6/26; Publicado: 22/6/26

Resumen.

Introducción: La ecografía clínica a pie de cama, o point-of-care ultrasound (POCUS), se ha consolidado progresivamente como una competencia transversal en la práctica médica contemporánea. Sin embargo, su integración en el grado de Medicina sigue siendo heterogénea y está limitada por la disponibilidad de docentes, tiempo curricular y recursos técnicos. El objetivo de este estudio fue evaluar el impacto formativo de EcoEduca, una intervención educativa híbrida basada en ecografía clínica, aprendizaje activo y evaluación pre/postintervención. **Metodología:** Se realizó un estudio cuasi experimental de un solo grupo con evaluación antes-después y encuesta transversal postintervención. La intervención combinó aprendizaje asincrónico mediante materiales en línea, análisis de casos ecográficos, guías de práctica estructurada, sesiones presenciales con ecógrafo y una evaluación estructurada de interpretación ecográfica compuesta por 10 casos. Se analizaron la puntuación pre/postintervención, la adherencia autoinformada, la autoeficacia percibida y la satisfacción mediante escalas Likert de 1 a 5. El análisis principal del cambio pre/postintervención se realizó en estudiantes con respuestas emparejadas. Se emplearon estadísticos descriptivos y la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas. **Resultados:** Se identificaron 27 estudiantes de Medicina de 3.º a 6.º curso en la evaluación preintervención y 29 en la postintervención. El análisis emparejado exacto incluyó 22 estudiantes. La puntuación media aumentó de 7,45/10 a 8,82/10, con una diferencia media de 1,36 puntos (IC 95%: 0,62–2,11; p=0,0019). Trece estudiantes mejoraron, ocho permanecieron sin cambios y uno redujo su puntuación. La encuesta postintervención incluyó 29 respuestas; 28 estudiantes (96,6%) refirieron haber completado los materiales obligatorios y 29 (100%) realizaron más de cinco sesiones prácticas. La autoeficacia media global fue de 4,31/5, la satisfacción media global compuesta de 4,78/5 y la satisfacción global específica con EcoEduca de 4,93/5. **Conclusiones:** EcoEduca se asoció con una mejora significativa del rendimiento en una evaluación estructurada de

interpretación ecográfica, junto con alta adherencia, elevada satisfacción y buena autoeficacia percibida. Dado el diseño de un solo grupo y el tamaño muestral reducido, estos resultados deben interpretarse como evidencia preliminar de viabilidad y efecto educativo potencial.

Palabras clave: Educación médica; Educación médica de grado; Ecografía clínica; Ecografía en el punto de atención; Aprendizaje activo; Evaluación educativa; Estudiantes de medicina.

Abstract.

Introduction: Point-of-care ultrasound (POCUS) has become established as a cross-disciplinary competency in contemporary medical practice. However, its integration into undergraduate medical education remains heterogeneous and is limited by the availability of instructors, curricular time, and technical resources. The aim of this study was to evaluate the educational impact of EcoEduca, a hybrid educational intervention based on clinical ultrasound, active learning, and pre/post-intervention assessment. **Methods:** A single-group quasi-experimental study with before-and-after assessment and a post-intervention cross-sectional survey was conducted. The intervention combined online educational materials, ultrasound cases, practice guides, hands-on ultrasound sessions, and a structured ultrasound interpretation test composed of 10 cases. Pre/post-intervention scores, self-reported adherence, perceived self-efficacy, and satisfaction were analyzed using 1-to-5 Likert scales. The primary analysis of pre/post-intervention change was performed in students with paired responses. Descriptive statistics and the Wilcoxon signed-rank test for related samples were used. **Results:** 27 medical students from years 3 to 6 completed the pre-intervention assessment and 29 completed the post-intervention assessment. The paired analysis included 22 students with linkable pre- and post-intervention assessments. Mean scores increased from 7.45/10 to 8.82/10, with a mean difference of 1.36 points (95% CI: 0.62–2.11; $p=0.0019$). Thirteen students improved their scores, eight showed no change, and one demonstrated a decrease. The post-intervention survey included 29 responses; 28 students (96.6%) reported completing the mandatory materials and 29 (100%) participated in more than five hands-on practice sessions. Mean global self-efficacy was 4.31/5, mean composite overall satisfaction was 4.78/5, and mean overall satisfaction specifically with EcoEduca was 4.93/5. **Conclusions:** EcoEduca was associated with improved performance in a structured ultrasound interpretation assessment, along with high adherence, satisfaction, and perceived self-efficacy. Given the single-group design and small sample size, these findings should be interpreted as preliminary evidence of feasibility and potential educational benefit.

Keywords: Medical education; Undergraduate medical education; Point-of-care ultrasound; Active learning; Educational assessment; Medical students; Self-efficacy.

1. Introducción

La ecografía clínica a pie de cama, conocida internacionalmente como point-of-care ultrasound (POCUS), ha pasado de ser una técnica restringida a determinadas especialidades a convertirse en una herramienta transversal de apoyo al razonamiento clínico, la exploración física y la toma de decisiones. Su carácter no invasivo, la ausencia de radiación ionizante, la portabilidad de los equipos y su aplicabilidad en múltiples escenarios clínicos han favorecido su expansión en urgencias, medicina interna, cuidados críticos, atención primaria y otras áreas asistenciales (1).

En paralelo, diversas recomendaciones internacionales han abogado por la introducción temprana y longitudinal de la ecografía en el grado de Medicina, no solo como una competencia técnica, sino también como una herramienta para reforzar la anatomía viva, la fisiología aplicada, el razonamiento clínico y la integración entre ciencias básicas y práctica clínica (2). La literatura disponible sugiere que los estudiantes de Medicina pueden adquirir competencias básicas en

ecografía cuando se emplean estrategias estructuradas, prácticas supervisadas y sistemas de evaluación adaptados a su nivel formativo (3).

No obstante, la incorporación curricular de POCUS presenta barreras relevantes. Entre ellas destacan la escasez de profesorado entrenado, la limitada disponibilidad de tiempo docente, la necesidad de equipos ecográficos y la dificultad para garantizar práctica supervisada y retroalimentación individualizada. En respuesta a estas limitaciones, se han propuesto modelos híbridos con microaprendizaje, aprendizaje entre pares, recursos asíncronos y evaluación objetiva mediante estaciones prácticas o pruebas estructuradas (3–6). Estos modelos pueden reducir la carga docente presencial y mejorar la escalabilidad de la formación.

EcoEduca se diseñó como una intervención educativa híbrida orientada a introducir la ecografía clínica en el grado de Medicina mediante recursos digitales, práctica supervisada, aprendizaje activo y evaluación estructurada, aprovechando recursos institucionales existentes para minimizar la carga docente e inversión adicional.

El objetivo principal de este estudio fue evaluar el impacto de EcoEduca sobre el rendimiento de los estudiantes en una evaluación ecográfica pre/postintervención. Como objetivos secundarios se analizaron la adherencia a la intervención, la autoeficacia percibida y la satisfacción estudiantil.

2. Métodos

2.1 Diseño del estudio

Se realizó un estudio cuasi experimental de un solo grupo, con evaluación preintervención y postintervención, complementado con una encuesta transversal postintervención de uso, autoeficacia y satisfacción. El estudio se planteó como una evaluación de innovación educativa.

2.2 Contexto docente

La intervención se desarrolló en el marco del proyecto EcoEduca: “Transformando la Enseñanza Médica con Ecografía como Herramienta Transversal”, vinculado a la Universidad Autónoma de Madrid y a la Unidad Clínica Docente del Hospital Universitario La Paz. El proyecto se orientó a estudiantes del grado de Medicina, especialmente a partir de cursos clínicos (3º a 6º curso), y se apoyó en recursos ya disponibles, como aula de ecografía, ecógrafo institucional, materiales digitales y profesorado con experiencia en POCUS.

2.3 Participantes

Se incluyeron estudiantes de Medicina, la mayoría de 3º curso, que participaron en la intervención y completaron al menos uno de los instrumentos de evaluación del proyecto. Para el análisis pre/postintervención se incluyeron únicamente los estudiantes con identificador enlazable en ambas mediciones. Las respuestas sin identificador suficiente se analizaron solo de forma agregada cuando correspondía. No se recogieron de forma sistemática variables demográficas individuales ni información estructurada sobre experiencia previa en ecografía, con el fin de preservar la anonimización en una evaluación docente. Esta ausencia limita la caracterización de la muestra y la evaluación de su homogeneidad.

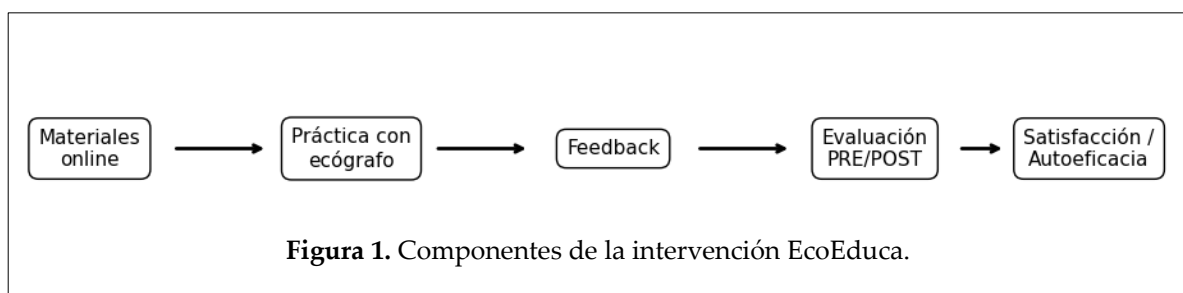
2.4 Descripción de la intervención educativa

EcoEduca combinó aprendizaje online, práctica presencial y evaluación estructurada. La intervención incluyó materiales docentes orientados a los fundamentos de la ecografía clínica y a exploraciones POCUS prioritarias, entre ellas FAST/eFAST (acrónimos de Focused Assessment with Sonography for Trauma y extended FAST, se refieren a protocolos ecográficos estructurados utilizados para la detección rápida de líquido libre, neumotórax y otras alteraciones relevantes en

contextos de urgencia y trauma), ecografía cardíaca básica, pulmonar, aórtica, genitourinaria y acceso vascular. Los componentes docentes principales fueron (figura 1):

1. Materiales digitales y microcontenidos orientados al aprendizaje autónomo.
2. Casos clínicos e imágenes ecográficas comentadas.
3. Guías y listas de comprobación para facilitar la práctica estructurada.
4. Sesiones prácticas con ecógrafo, realizadas en parejas o pequeños grupos.
5. Retroalimentación docente y entre pares.
6. Evaluación pre/postintervención mediante prueba estructurada de 10 casos con imágenes ecográficas.

La intervención se diseñó para utilizar recursos institucionales existentes y minimizar la necesidad de inversión adicional. El equipamiento básico incluyó un ecógrafo, espacio de práctica, soporte digital para los materiales y herramientas de recogida de respuestas.



2.5 Instrumentos de evaluación

El aprendizaje se evaluó mediante una prueba estructurada de interpretación ecográfica de 10 casos. Los casos fueron seleccionados por docentes con experiencia en POCUS para cubrir los dominios incluidos en la intervención: FAST/eFAST, ecografía pulmonar, cardíaca básica, aorta, genitourinaria y acceso vascular. Cada caso incluía una imagen o clip ecográfico y una pregunta de interpretación con respuesta correcta única. La puntuación total osciló entre 0 y 10. La misma estructura se administró antes y después de la intervención. La evaluación preintervención y postintervención utilizó versiones equivalentes, no idénticas, con la misma estructura, número de casos, dominios ecográficos y nivel de dificultad, con el objetivo de reducir el efecto memoria manteniendo la comparabilidad. La encuesta postintervención incluyó indicadores de:

- Completud de los materiales obligatorios.
- Número de sesiones prácticas realizadas.
- Número estimado de exploraciones POCUS realizadas.
- Tiempo aproximado dedicado al contenido online.
- Contextos clínicos en los que el estudiante consideraba aplicable lo aprendido.
- Autoeficacia percibida, mediante escala Likert de 1 a 5.
- Satisfacción con la intervención, mediante escala Likert de 1 a 5.

2.6 Variables analizadas

La variable principal fue el cambio en la puntuación pre/postintervención de la evaluación ecográfica, expresado como diferencia absoluta sobre 10 puntos. Las variables secundarias fueron:

- Proporción de estudiantes que mejoraron, no cambiaron o empeoraron.
- Finalización autoinformada de materiales.
- Número de sesiones prácticas.
- Tiempo online autoinformado.
- Autoeficacia media.
- Satisfacción media.

- Porcentaje de respuestas favorables, definidas como puntuaciones 4–5 en escala Likert.

2.7 Análisis estadístico

Las variables cuantitativas se describieron mediante media, desviación estándar, mediana, mínimo y máximo. Las variables categóricas se expresaron como frecuencias absolutas y porcentajes. Para el análisis pre/postintervención se evaluó la distribución de las diferencias. Dado que la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk mostró desviación de la normalidad, se empleó la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas como análisis principal. De forma complementaria, se calculó la diferencia media y su intervalo de confianza del 95%. Se consideró estadísticamente significativo un valor de $p < 0,05$.

2.8 Consideraciones éticas

El estudio evaluó una intervención docente sin participación de pacientes ni utilización de datos clínicos asistenciales. Los datos analizados procedieron exclusivamente de evaluaciones académicas y encuestas docentes. El análisis se realizó sobre resultados agregados, evitando la identificación individual de los estudiantes en la presentación de los resultados. Este estudio fue revisado por CEIm del Hospital La Paz, que consideró que, al tratarse de una evaluación de innovación docente sin datos clínicos asistenciales ni intervención sobre pacientes, quedaba exento de aprobación formal. Código identificativo: 2026.563, acta nº 12/2026 y fecha 15 de junio de 2026. Todos los datos se analizaron de forma anonimizada y agregada. Antes del inicio de las prácticas, se estableció un procedimiento para la gestión de posibles hallazgos incidentales, que incluía supervisión docente, ausencia de emisión de informes clínicos y derivación según el criterio del profesorado responsable.

3. Resultados

3.1 Participación y disponibilidad de datos

De los 27 registros preintervención y 29 registros postintervención, 22 pudieron emparejarse mediante un identificador anonimizado común. El identificador anonimizado fue autogenerado por los estudiantes. Algunos registros no pudieron enlazarse por ausencia o discrepancia en el identificador introducido entre las mediciones. Para evitar comparaciones no emparejadas, el análisis principal se restringió a los 22 estudiantes con identificador enlazable en ambas evaluaciones. Cinco registros preintervención y siete registros postintervención no tuvieron correspondencia enlazable y fueron excluidos del análisis principal emparejado, aunque los datos postintervención disponibles se emplearon para los análisis descriptivos de encuesta.

3.2 Rendimiento pre/postintervención

En los 22 estudiantes con evaluación emparejada, la puntuación media preintervención fue de 7,45/10 (DE 1,63; mediana 8; rango 4–10). La puntuación media postintervención fue de 8,82/10 (DE 1,05; mediana 9; rango 6–10). La diferencia media fue de 1,36 puntos sobre 10 (DE 1,68; IC 95%: 0,62–2,11), equivalente a una mejora relativa aproximada del 18,3% respecto a la puntuación basal. La prueba de Wilcoxon mostró una mejora estadísticamente significativa tras la intervención ($p=0,0019$). El tamaño del efecto estimado mediante Cohen's d fue de 0,81. Trece estudiantes mejoraron su puntuación, ocho no presentaron cambios y uno mostró una reducción de un punto.

3.3 Adherencia y uso autoinformado

El análisis principal de rendimiento incluyó 22 estudiantes con evaluaciones pre y post enlazables. La encuesta postintervención incluyó 29 respuestas, de las cuales 22 correspondían a estudiantes emparejados en el análisis principal y siete se analizaron únicamente de forma descriptiva al no disponer de evaluación preintervención enlazable. En la encuesta postintervención, 28 de 29 estudiantes (96,6%) refirieron haber completado los materiales obligatorios del curso. La

totalidad de los estudiantes encuestados refirió haber participado en más de cinco sesiones prácticas con ecógrafo.

Respecto al tiempo dedicado al contenido online, 15 estudiantes (53,6% de las respuestas comparables; 51,7% del total de respuestas postintervención) declararon haber dedicado más de 120 minutos, 11 (37,9%) entre 61 y 120 minutos, uno (3,4%) entre 31 y 60 minutos, uno (3,4%) entre 0 y 30 minutos y una respuesta fue no comparable.

El número aproximado de exploraciones POCUS fue cuantificable en 25 de las 29 respuestas. La media fue de 8,68 exploraciones y la mediana de 7. Las categorías más frecuentes fueron 6–10 exploraciones (37,9%) y más de 10 exploraciones (24,1%).

Los contextos en los que los estudiantes consideraron más aplicable lo aprendido fueron planta de hospitalización (69,0%), Urgencias (65,5%), otros entornos (rotatorios clínicos, actividades de simulación no regladas, aprendizaje autónomo supervisado; 62,1%), consulta (58,6%), simulación (41,4%) y UCI (24,1%) (tabla 1).

Tabla 1. Indicadores de uso y adherencia autoinformados.

Indicador	Categoría	n	N válido	%
Materiales obligatorios completados	Sí	28	29	96,6
Materiales obligatorios completados	No / parcial	1	29	3,4
Sesiones prácticas con ecógrafo	>5 sesiones	29	29	100,0
Tiempo online dedicado	>120 min	15	28	53,6
Tiempo online dedicado	61–120 min	11	28	39,3
Tiempo online dedicado	31–60 min	1	28	3,6
Tiempo online dedicado	0–30 min	1	28	3,6
Tiempo online dedicado	Respuesta no comparable	1	29	3,4
Continuidad del programa	Sí	22	29	75,9
Continuidad del programa	Sí, condicionado / parcial	5	29	17,2
Continuidad del programa	No responde	2	29	6,9

“n” indica la frecuencia observada en cada categoría. “N válido” indica el número de respuestas utilizado para calcular el porcentaje correspondiente. En el caso del “tiempo online dedicado”, una respuesta fue considerada no comparable y se presenta por separado; por ello, los porcentajes de las categorías comparables de tiempo online se calcularon sobre 28 respuestas válidas.

3.4 Autoeficacia percibida

La autoeficacia media global fue de 4,31/5. La capacidad percibida para obtener una ventana ecográfica adecuada obtuvo una media de 4,38/5, con un 100% de respuestas favorables. La capacidad percibida para reconocer los hallazgos principales del curso obtuvo una media de 4,24/5, con un 89,7% de respuestas favorables.

3.5 Satisfacción

La puntuación media compuesta de satisfacción, calculada a partir de los ítems de satisfacción incluidos en la encuesta, fue de 4,78/5 (DE 0,27) (tabla 2; figura 2). La satisfacción global específica con EcoEduca fue de 4,93/5 en 28 respuestas válidas, con un 100% de respuestas favorables entre dichas respuestas. Un registro no incluyó respuesta válida para este ítem. La relevancia para la práctica clínica fue valorada con una media de 4,97/5, al igual que el deseo de mantener o extender el formato.

La calidad de los materiales obtuvo una media de 4,83/5 y la organización logística de 4,69/5. El ítem con menor puntuación relativa fue la utilidad de la retroalimentación recibida, con una media de 4,31/5, aunque mantuvo un porcentaje de respuestas favorables del 82,8%. Veintisiete estudiantes (93,1%) expresaron que el formato debería mantenerse, extenderse o mantenerse con matices.

Tabla 2. Autoeficacia y satisfacción postintervención.

Ítem	N válido	Media	DE	% favorable 4-5
Obtener una ventana adecuada	29	4,38	0,49	100,0
Reconocer hallazgos principales	29	4,24	0,64	89,7
Relevancia clínica	29	4,97	0,19	100,0
Organización	29	4,69	0,54	96,6
Calidad de materiales	29	4,83	0,38	100,0
Feedback	29	4,31	0,76	82,8
Mantener/extender formato	29	4,97	0,19	100,0
Satisfacción global	28	4,93	0,26	100,0

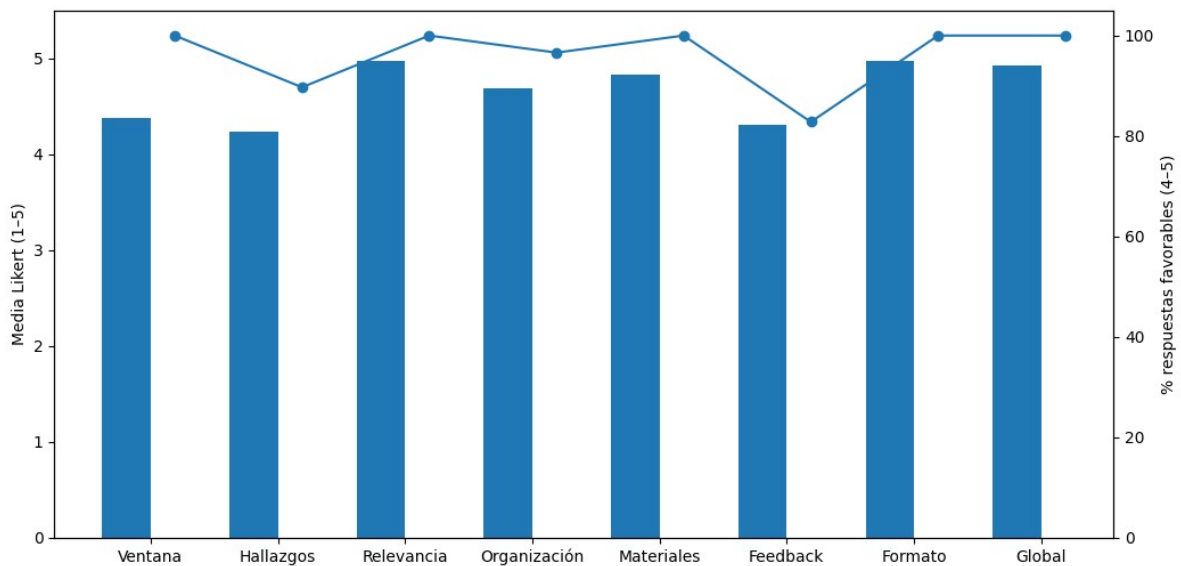


Figura 2. Satisfacción y autoeficacia. Gráfico de barras con media de cada ítem Likert y porcentaje de respuestas 4-5.

4. Discusión

En este estudio, una intervención educativa híbrida basada en ecografía clínica se asoció con una mejora significativa del rendimiento en una evaluación pre/postintervención de interpretación ecográfica y con niveles elevados de satisfacción y autoeficacia percibida. La mejora media de 1,36 puntos sobre 10, junto con un tamaño del efecto moderado-alto, sugiere que una actividad docente estructurada y apoyada en recursos institucionales existentes se asoció con una mejora objetiva del rendimiento en interpretación ecográfica, aunque el diseño no permite atribuir causalidad de forma definitiva.

Estos resultados son coherentes con la literatura previa que respalda la introducción de la ecografía en etapas tempranas de la formación médica. Las recomendaciones internacionales señalan

que la ecografía puede actuar como puente entre ciencias básicas y clínicas, facilitando el aprendizaje de anatomía, fisiología, exploración física y razonamiento diagnóstico (1, 2). En el contexto europeo, la integración de POCUS en el grado de Medicina continúa siendo limitada y heterogénea, lo que refuerza la necesidad de experiencias curriculares factibles y adaptadas a recursos locales (7). En este sentido, EcoEduca se alinea con una concepción de POCUS no limitada a la adquisición técnica de imágenes, sino integrada en un modelo de aprendizaje activo y contextualizado. Para facilitar la interpretación internacional de los resultados, se detallaron los denominadores de cada análisis y se especificó que el análisis principal fue intraindividual y emparejado, mientras que la encuesta postintervención fue transversal y descriptiva.

La mejora observada también es concordante con estudios que han utilizado formatos estructurados de evaluación ecográfica, como estaciones mini-ECOE, para valorar habilidades técnicas, reconocimiento anatómico, interpretación de imágenes y competencias no técnicas (3). Aunque la evaluación se centró en la interpretación de 10 casos ecográficos y no en una estación práctica completa, permitió medir objetivamente el cambio en el rendimiento.

Un aspecto relevante del proyecto es su viabilidad. La intervención se apoyó en materiales digitales, práctica en parejas, recursos institucionales existentes y participación docente focalizada. Este planteamiento puede ser particularmente útil en facultades con limitaciones de profesorado experto o disponibilidad reducida de tiempo curricular. Estudios recientes han mostrado que los currículos híbridos y compartidos de POCUS pueden mejorar conocimientos, actitudes y habilidades, aunque su implementación requiere planificación, coordinación y evaluación sostenida (5). Del mismo modo, el aprendizaje entre pares y los modelos teach-the-teacher se han propuesto como estrategias para mejorar la escalabilidad de la formación ecográfica (4, 6).

Además, la barrera relacionada con la creación de materiales docentes puede reducirse mediante dos estrategias complementarias. Por un lado, la elaboración local de microcontenidos es relativamente factible cuando se dispone de un ecógrafo, casos docentes estructurados y apoyo audiovisual básico. Por otro, cuando no sea posible desarrollar recursos propios desde el inicio, pueden emplearse recursos abiertos de formación médica (FOAMed) procedentes de sociedades científicas y páginas institucionales. Por ejemplo, la sección de ecografía del American College of Emergency Physicians recopila recursos gratuitos de educación ecográfica, incluyendo guías, vídeos, casos y materiales didácticos online (8). Estos recursos pueden facilitar la implementación inicial de programas similares, siempre que se adapten al nivel competencial del estudiante, al contexto curricular local y a los objetivos docentes específicos.

La satisfacción estudiantil fue muy alta, especialmente en los ítems relacionados con relevancia clínica, calidad de materiales y deseo de continuidad. Este hallazgo es importante porque la aceptación por parte del alumnado puede facilitar la integración curricular de nuevas metodologías (9). Sin embargo, el ítem de feedback fue el peor valorado en términos relativos, aunque mantuvo una valoración favorable. Como mejora del programa, se propone implementar rúbricas específicas para adquisición de imagen, interpretación, integración clínica, ergonomía y comunicación; establecer tiempos mínimos de retroalimentación por estudiante; y registrar de forma estructurada los comentarios docentes y entre pares.

La autoeficacia percibida también fue elevada. No obstante, debe interpretarse con cautela, ya que la autoconfianza no equivale necesariamente a competencia clínica autónoma. La formación en POCUS requiere supervisión progresiva, evaluación objetiva y límites claros sobre el uso clínico por parte de estudiantes. En este punto, los protocolos de seguridad, protección de datos y actuación ante hallazgos incidentales son elementos esenciales de cualquier programa educativo con exploración ecográfica en voluntarios o compañeros (10).

La transferibilidad de EcoEduca depende de condiciones locales, incluyendo disponibilidad de ecógrafos, espacios docentes, profesorado entrenado, apoyo institucional, políticas académicas y tiempo curricular protegido. Además, el componente híbrido de EcoEduca podría favorecer la retención mediante exposición repetida, práctica deliberada, revisión asincrónica de materiales y retroalimentación progresiva. Sin embargo, este estudio no evaluó retención a medio o largo plazo ni comparó el modelo con una estrategia puramente teórica, por lo que esta hipótesis deberá explorarse en estudios longitudinales.

Este estudio presenta varias limitaciones. En primer lugar, al tratarse de un estudio cuasiexperimental de un solo grupo, sin grupo control concurrente, los cambios observados no permiten atribuir causalidad de forma definitiva a la intervención. Aunque Cohen's d sugiere un cambio intraindividual moderado-alto, este estimador debe interpretarse como una medida del cambio observado en la muestra emparejada, no como una medida causal de eficacia atribuible exclusivamente a la intervención, y podría sobrestimar la magnitud educativa real en diseños de un solo grupo sin control, especialmente cuando existe la posibilidad de familiaridad con la prueba. En segundo lugar, el tamaño muestral fue reducido, especialmente en el análisis emparejado. Como análisis conservador, el cambio pre/post se evaluó únicamente en registros emparejados. Los registros no emparejados se excluyeron del análisis principal para evitar comparaciones independientes que no reflejaran cambios intraindividuales. No obstante, esta falta de emparejamiento pudo introducir sesgo de selección y redujo la potencia estadística del análisis principal. En tercer lugar, no se recogieron variables demográficas ni información estructurada sobre experiencia previa en ecografía, lo que limita la caracterización de la muestra y la evaluación de su homogeneidad. En cuarto lugar, las variables secundarias de adherencia, satisfacción y autoeficacia se recogieron de forma anónima y no pudieron enlazarse de manera individual con el cambio pre/post, por lo que no fue posible analizar su asociación con la mejora en el rendimiento.

Finalmente, la evaluación se centró principalmente en conocimiento aplicado e interpretación de imágenes, por lo que futuras versiones deberían incorporar estaciones prácticas con rúbricas de adquisición de imagen, ergonomía, orientación espacial, comunicación y profesionalismo.

A pesar de estas limitaciones, el estudio aporta datos reales sobre una intervención docente aparentemente factible, apoyada en recursos institucionales ya disponibles y con una necesidad limitada de recursos adicionales, aunque no se realizó un análisis formal de costes o carga docente. Sus resultados apoyan la continuidad del programa y justifican una evaluación posterior con diseño más robusto, mayor tamaño muestral, recogida de identificadores anonimizados comunes, evaluación práctica objetiva y seguimiento longitudinal.

5. Conclusiones

- EcoEduca se asoció con una mejora significativa del rendimiento en una evaluación estructurada de interpretación ecográfica, junto con alta adherencia autoinformada, elevada satisfacción y buena autoeficacia percibida. En conjunto, estos hallazgos sugieren que la ecografía clínica puede incorporarse como herramienta de aprendizaje activo en el grado de Medicina mediante un modelo híbrido potencialmente escalable y apoyado en recursos institucionales existentes.
- No obstante, al tratarse de un estudio cuasiexperimental de un solo grupo, sin grupo control concurrente, los cambios observados no permiten atribuir causalidad de forma definitiva a la intervención. Por ello, futuros estudios deberían confirmar estos resultados mediante muestras mayores, diseños comparativos, evaluación práctica objetiva y seguimiento longitudinal de la adquisición y retención de competencias.

Financiación: El presente trabajo se enmarca en el proyecto de innovación docente INNOVA 2025/2026 “EcoEduca: Transformando la Enseñanza Médica con Ecografía como Herramienta Transversal”, de la Universidad Autónoma de Madrid, concedido en la Convocatoria de Proyectos de Innovación Docente según Resolución del Vicerrectorado de Calidad de la UAM, 2025. Este trabajo no recibió ninguna subvención específica de agencias de financiación de los sectores público, comercial o sin ánimo de lucro.

Declaración de conflicto de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Contribuciones de los autores: YTC participó en la concepción del proyecto, diseño de la intervención educativa, coordinación académica, interpretación de resultados y redacción del manuscrito. MQD contribuyó al diseño de la práctica simulada, organización del aula de ecografía y formación docente. RPP participó en la integración académica y supervisión docente del proyecto. MAQS colaboró en la organización, supervisión y programación de los talleres prácticos. RMB y AMF participaron en la revisión técnica de los contenidos ecográficos, supervisión de la calidad de las imágenes y diseño de criterios de evaluación. Todos los autores revisaron críticamente el manuscrito y aprobaron su versión final.

6. Referencias.

1. Díaz-Gómez JL, Mayo PH, Koenig SJ. Point-of-Care Ultrasonography. *N Engl J Med.* **2021**, 385, 1593-1602. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1916062>
2. Hoppmann RA, Mladenovic J, Melniker L, et al. International consensus conference recommendations on ultrasound education for undergraduate medical students. *Ultrasound J.* **2022**, 14, 31. <https://doi.org/10.1186/s13089-022-00279-1>
3. Weiskittel TM, Lachman N, Bhagra A, et al. Team-Based Ultrasound Objective Structured Practice Examination (OSPE) in the Anatomy Course. *Anat Sci Educ.* **2021**, 14, 377-384. <https://doi.org/10.1002/ase.2069>
4. Winter L, Neubauer R, Weimer J, et al. Peer teachers as ultrasound instructors? A systematic literature review of peer teaching concepts in undergraduate ultrasound education. *BMC Med Educ.* **2024**, 24, 1369. <https://doi.org/10.1186/s12909-024-06345-7>
5. Ferre RM, Kaine JC, Lobo D, et al. A shared point of care ultrasound curriculum for graduate medical education. *BMC Med Educ.* **2024**, 24, 843. <https://doi.org/10.1186/s12909-024-05797-1>
6. Bapuji R, Eagles D, Ferreira N, et al. Comparison of peer-assisted learning with expert-led learning in medical school ultrasound education: a systematic review and meta-analysis. *Can J Emerg Med.* **2024**, 26, 188-197. <https://doi.org/10.1007/s43678-024-00663-x>
7. Dupriez F, Hall A, Diop T, et al. Point-of-Care Ultrasound training in undergraduate education in the European Union: current situation and perspectives. *Ultrasound J.* **2024**, 16, 9. <https://doi.org/10.1186/s13089-024-00361-w>
8. American College of Emergency Physicians. Education and Training. *ACEP EM Ultrasound Section.* **2021**. <https://www.acep.org/emultrasound/resources/education-and-training/>
9. Zervides C, Kefala-Karli P, Sassis L. Importance of ultrasound education in undergraduate medical curriculum: a survey study based on first-year medical students' perception. *Ultrasound Q.* **2020**, 36, 328-332. <https://doi.org/10.1097/RUQ.0000000000000540>
10. Dietrich CF, Fraser AG, Dong Y, et al. Managing incidental findings reported by medical, sonography and other students performing educational ultrasound examinations. *Ultrasound Med Biol.* **2022**, 48, 180-187. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2021.09.015>

7. Material suplementario 1.

Formación ECOEDUCA (contenido online asincrónico). La intervención ECOEDUCA incluyó una biblioteca estructurada de recursos audiovisuales en línea destinados a apoyar el aprendizaje autónomo previo y posterior a las sesiones prácticas presenciales de ecografía clínica. El material suplementario se organizó por módulos temáticos e incluyó contenidos introductorios y aplicaciones clínicas de ecografía abdominal, cardíaca, pulmonar, vascular, procedimientos guiados y otras aplicaciones complementarias. Los vídeos educativos estuvieron disponibles a través de listas de reproducción específicas alojadas en YouTube:

- Introducción: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLbWdexAiw5RAI2C9HCzGgZmHN33LBg1PU>

- Abdomen: https://www.youtube.com/playlist?list=PLbWdexAiw5RBk5bytLDmcAWV_KUuWiRLj

- Cardíaco: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLbWdexAiw5RCDRtBGCMw2RVMP8UwcDIsd>
- Pulmón: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLbWdexAiw5RCdY4wjCtSTVOwzz-ZnkRxa>
- Aorta y Venoso: https://www.youtube.com/playlist?list=PLbWdexAiw5RCzCe4T_t3i1ZKlAqP6y84u
- Vesícula y vías urinarias: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLbWdexAiw5RA4NnyBPaSTf5OIPf3onyzw>
- Procedimientos: https://www.youtube.com/playlist?list=PLbWdexAiw5RAWImR_CPUx8pwsfjtTyqdu
- Miscelánea: https://www.youtube.com/playlist?list=PLbWdexAiw5RC8x7RDmqOvd_JwzuxaGqUR