

**UNIVERSIDAD DE VALENCIA
FACULTAD DE MEDICINA
TESIS DOCTORAL**



**Valoración del impacto de la simulación y la
gamificación en su aplicación en la enseñanza de
ecografía mamaria en estudiantes de medicina.**

PROGRAMA DE DOCTORADO EN MEDICINA - 3139

Línea de investigación: Radiología.

AUTOR:

Sebastián Andree Rivadeneira Rojas Msc.

DIRECTORES:

Prof. Dr. Juan Gambini Buchón Ph.D.

Prof.^a Dra. Florentina Guzmán Aroca. Ph.D.

Valencia, Mayo 2025

CONTENIDO

Lista de símbolos, abreviaturas y siglas	3
Lista de imágenes, tablas e ilustraciones	4
Resumen	12
Capítulo I. Introducción	15
1.1 Fundamentos epistemológicos de la educación médica	18
1.2 Ecografía Mamaria	21
1.3 Anatomía e Histología Mamaria en Ecografía.....	23
1.4 Interpretación de Lesiones Benignas y Malignas	24
1.5 Evolución de la enseñanza de la radiología.....	25
1.6 Ecografía mamaria: relevancia clínica y competencia formativa.....	27
1.7 Uso de las redes sociales en el aprendizaje en medicina	29
1.8 Instagram®	29
1.9 Simulación clínica aplicada a ecografía.....	32
1.10 Gamificación y redes sociales como aula expandida.....	37
1.11 Modelos de aprendizaje híbrido (blended learning)	43
Capítulo II. Hipótesis y Objetivos	46
2.1 Objetivos.....	46
2.2 Justificación	47
2.3 Hipótesis	50
Capítulo III. Metodología	52
3.1 Alcance y duración	52
3.2 Diseño del Estudio.....	54
3.3 Participantes	54
3.4 Procedimiento e Intervención	55

3.5 Instrumentos de Evaluación	56
3.6 Minimización de sesgos.....	56
3.7 Análisis de datos	61
3.8 Variables	64
3.9 Aspectos Bioéticos	66
Capítulo IV. Resultados	69
4.1. Primera fase experimental: Fase digital gamificación y exposición a contenido de Instagram® con evaluación continua de Kahoot!®.....	69
4.1.1 Grupo de variables conocimientos	69
4.1.2 Área de autopercepción habilidades.....	80
4.1.3 Satisfacción sobre la fase digital online en grupo experimental	92
4.2 Segunda fase: simulación – workshop presencial con ecográficos reales y fantasmas.	94
4.2.1 Grupo de variables de conocimientos	94
4.2.2 Análisis del segundo grupo de variables de autopercepción en la fase simulación	106
4.2.3 Satisfacción sobre la fase simulación de ecografía con fantoma del grupo experimental	125
4.3 Apreciación global.....	126
Capítulo V. Discusión	128
Capítulo VI. Conclusions, Recommendations and Limitations.....	145
Conclusions:.....	145
Limitations.....	153
Bibliografía	154
ANEXOS.....	173

LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS Y SIGLAS

Símbolo/Abreviatura	Definición
ANOVA	Analysis of Variance. Técnica estadística para comparar medias entre tres o más grupos.
AUC	Área bajo la curva (Area Under the Curve). Medida estadística utilizada en la evaluación de modelos de clasificación.
BI-RADS	Breast Imaging Reporting and Data System. Sistema de reporte para la evaluación de imágenes mamarias.
COVID-19	Coronavirus disease 2019. Enfermedad infecciosa causada por el virus SARS-CoV-2.
Cohen's D	Medida del tamaño del efecto entre dos grupos.
ECOE	Examen Clínico Objetivo Estructurado. Evaluación estandarizada de competencias clínicas.
EMBE	Educación Médica Basada en Evidencias. Enfoque educativo basado en la evidencia científica.
IA	Inteligencia Artificial. Subcampo de la informática relacionado con la creación de sistemas inteligentes.
MBE	Medicina Basada en Evidencias. Enfoque de la medicina basado en la mejor evidencia científica disponible.
MCQ	Cuestionario de Opción Múltiple. Método de evaluación que ofrece varias opciones de respuesta.
PACS	Picture Archiving and Communication System. Sistema para almacenamiento y comunicación de imágenes médicas.
R ² ajustado	Adjusted R-squared. Medida de la proporción de variabilidad explicada ajustada por el número de predictores.
SEOM	Sociedad Española de Oncología Médica. Asociación profesional dedicada al estudio y tratamiento del cáncer.
VIF	Variance Inflation Factor. Medida que evalúa la multicolinealidad entre las variables de un modelo.
Blended learning	Blended learning. Educación híbrida que combina enseñanza presencial y online.
E-learning	e-learning. Aprendizaje electrónico o formación a distancia.

LISTA DE IMÁGENES, TABLAS E ILUSTRACIONES

IMÁGENES:

Imagen Nº 1 Esquema de la enseñanza constructivista	20
Imagen Nº 2 Ultrasonido según su densidad e impedancia en los tejidos.....	22
Imagen Nº 3 La importancia de una evaluación por tejidos con su interpretación	23
Imagen Nº 4 Nódulos: Características por Ecografía	25
Imagen Nº 5 Informe Las cifras del cáncer en España 2024 de la Sociedad Española de Oncología Médica (SEOM)	28
Imagen Nº 6 La intensidad de uso (minutos dedicados) a la Redes Sociales. Los IAB Spain. (2023)	30
Imagen Nº 7 Imagen del interfaz de la cuenta de Instagram de ctisus_radiology	31
Imagen Nº 8 Adaptado de: Kolb, D. (1984). Organización de las clases: el modelo de aprendizaje experiencial.	33
Imagen Nº 9 Diagrama representa los 4 pasos del método de Peyton.....	34
Imagen Nº 10 Instrumentos de evaluación de las competencias clínicas según los distintos niveles de la pirámide de Miller.....	36
Imagen Nº 11 Estudiante de medicina realiza una práctica de simulación ecográfica utilizando un fantoma mamario casero, bajo la supervisión de un tutor en un entorno de aula.....	37
Imagen Nº 12 Representa la encuesta de 2022 realizada por @ctisus_radiology. La encuesta evalúa las principales plataformas de redes sociales y la frecuencia con la que los usuarios se involucran para adquirir conocimientos en radiología	39
Imagen Nº 13 Imagen propia, compuesta de 4 fotografías tomadas durante la prueba piloto aplicando la evaluación con modalidad Kahoot!	41
Imagen Nº 14 Proyección hipotética de aprendizaje ilustra lo esperado tras las 12 semanas del proyecto.	51

TABLAS

Tabla 1 Planificación del proyecto.....	53
Tabla 2 Participación de expertos y resultados en la validación del instrumentos de evaluación.....	59
Tabla 3 Coeficiente de Correlación Intraclass (ICC)	60
Tabla 4 Correlación de Pearson	60
Tabla 5 Validación del Instrumento	60
Tabla 6 Desarrollo de las variables utilizadas en el presente estudio.	64
Tabla 7. Prueba multivariada (ANOVA) sobre conocimientos en histología y anatomía normal durante la fase digital con gamificación e intervención en Instagram®	69
Tabla 8 Prueba de esfericidad de Mauchly para el análisis de conocimientos en histología y anatomía normal en la fase digital con gamificación e intervención en Instagram®	70
Tabla 9. Efectos intra-sujetos en el conocimiento de histología y anatomía normal durante la fase digital con gamificación e intervención en Instagram®	70
Tabla 10. Prueba multivariada (ANOVA) sobre conocimientos en principios físicos de ecografía durante la fase digital con gamificación e intervención en Instagram®	72
Tabla 11 Prueba de esfericidad de Mauchly para el análisis de conocimientos en principios físicos de ecografía en la fase digital con gamificación e intervención en Instagram®	73
Tabla 12 Efectos intra-sujetos en el conocimiento sobre principios físicos de ecografía durante la fase digital con gamificación e intervención en Instagram®	73
Tabla 13. Prueba multivariada (ANCOVA) sobre conocimientos en anatomía ecográfica mamaria normal durante la fase digital con gamificación e intervención en Instagram®	75

Tabla 14. Prueba de esfericidad de Mauchly para el análisis de conocimientos en anatomía ecográfica mamaria normal durante la fase digital con gamificación e intervención en Instagram®	75
Tabla 15. Efectos intra-sujetos en el conocimiento sobre anatomía ecográfica mamaria normal durante la fase digital con gamificación e intervención en Instagram®	76
Tabla 16. Prueba multivariada (ANCOVA) sobre conocimientos en identificación ecográfica de hallazgos mamarios durante la fase digital con gamificación e intervención en Instagram®	77
Tabla 17. Prueba de esfericidad de Mauchly para el análisis de conocimientos en identificación ecográfica de hallazgos mamarios durante la fase digital con gamificación e intervención en Instagram®	78
Tabla 18. Efectos intra-sujetos en el conocimiento sobre identificación ecográfica de hallazgos mamarios durante la fase digital con gamificación e intervención en Instagram®	78
Tabla 19. Prueba multivariada (ANCOVA) sobre la autopercepción de habilidad para identificar artefactos físicos y características de ecogenicidad en ecografía	80
Tabla 20. Prueba de esfericidad de Mauchly para el análisis de autopercepción en identificación de artefactos físicos en ecografía	80
Tabla 21. Efectos intra-sujetos sobre la autopercepción de habilidad para identificar artefactos físicos y características de ecogenicidad en ecografía	81
Tabla 22. Prueba multivariada (ANCOVA) sobre la autopercepción de competencia en el manejo adecuado del ecógrafo para ecografía mamaria.....	82
Tabla 23. Prueba de esfericidad de Mauchly para el análisis de autopercepción sobre el manejo adecuado del ecógrafo.....	83
Tabla 24. Efectos intra-sujetos en la autopercepción sobre el manejo adecuado del ecógrafo para ecografía mamaria.....	83
Tabla 25. Prueba multivariada (ANCOVA) sobre la autopercepción de competencia para identificar la anatomía e histología normales de la mama.....	85
Tabla 26. Prueba de esfericidad de Mauchly para el análisis de autopercepción sobre anatomía e histología normales de la mama.	85
Tabla 27. Efectos intra-sujetos en la autopercepción sobre identificación de la anatomía e histología normales de la mama.	86

Tabla 28. Prueba multivariada (ANCOVA) sobre la autopercepción de competencia para identificar hallazgos benignos en lesiones mamarias.....	87
Tabla 29. Prueba de esfericidad de Mauchly para la autopercepción sobre identificación de hallazgos benignos en lesiones mamarias.....	88
Tabla 30. Efectos intra-sujetos en la autopercepción sobre identificación de hallazgos benignos en lesiones mamarias.....	88
Tabla 31. Prueba multivariada (ANCOVA) sobre la autopercepción de competencia para identificar hallazgos de sospecha en lesiones mamarias.....	90
Tabla 32. Prueba de esfericidad de Mauchly para el análisis de autopercepción sobre identificación de hallazgos de sospecha en lesiones mamarias.....	90
Tabla 33. Efectos intra-sujetos en la autopercepción sobre identificación de hallazgos de sospecha en lesiones mamarias.....	90
Tabla 34. Estadísticos descriptivos sobre la satisfacción del grupo experimental respecto a la fase digital mediante Instagram® y Kahoot!® en el aprendizaje de radiología	92
Tabla 35. Prueba multivariada (ANOVA) sobre conocimientos en histología y anatomía mamaria normal tras la intervención con simulación	94
Tabla 36. Efectos intra-sujetos sobre conocimientos en histología y anatomía mamaria normal tras intervención con simulación.....	94
Tabla 37. Medias marginales estimadas por grupo y tiempo en conocimientos de histología y anatomía mamaria	95
Tabla 38. Comparaciones por pares entre pretest y posttest dentro de cada grupo de conocimientos en histología y anatomía mamaria.....	95
Tabla 39. Prueba multivariada (ANOVA) sobre conocimientos en principios físicos de ecografía tras la intervención con simulación.....	97
Tabla 40. Efectos intra-sujetos en el conocimiento sobre principios físicos de ecografía tras la intervención con simulación.	97
Tabla 41. Medias marginales estimadas por grupo y momento en conocimientos sobre principios físicos de ecografía.....	98
Tabla 42. Comparaciones por pares entre pretest y posttest dentro de cada grupo cada grupo en conocimientos sobre principios físicos de ecografía.....	98

Tabla 43. Prueba multivariada (ANOVA) sobre conocimientos en anatomía ecográfica de la mama normal tras intervención con simulación.....	99
Tabla 44. Efectos intra-sujetos sobre conocimientos en anatomía ecográfica de la mama normal por grupo y tiempo.....	100
Tabla 45. Medias marginales estimadas de los conocimientos en anatomía ecográfica mamaria según grupo y momento de evaluación.	100
Tabla 46. Comparaciones por pares de conocimientos pretest y posttest en anatomía ecográfica de la mama normal según grupo	101
Tabla 47. Prueba multivariada (ANOVA) sobre conocimientos en hallazgos ecográficos benignos y sospechosos en mama.	102
Tabla 48. Efectos intra-sujetos en conocimientos sobre hallazgos ecográficos benignos y sospechosos.	103
Tabla 49. Medias marginales estimadas en conocimientos pretest y posttest sobre hallazgos ecográficos benignos y sospechosos.....	103
Tabla 50. Comparaciones por pares entre grupos durante el posttest de conocimientos en hallazgos ecográficos.	104
Tabla 51. Prueba multivariada (ANOVA) sobre la autopercepción de identificar mejor la física del ecógrafo.	106
Tabla 52. Efectos intra-sujetos en la autopercepción de identificar mejor la física del ecógrafo.	106
Tabla 53. Medias marginales estimadas en la autopercepción sobre física del ecógrafo.	107
Tabla 54. Comparaciones por pares en la autopercepción sobre física del ecógrafo.	107
Tabla 55. Prueba multivariada (ANOVA) sobre la comprensión del uso del ecógrafo. Pruebas multivariante	108
Tabla 56. Efectos intra-sujetos en la comprensión del uso del ecógrafo.	108
Tabla 57. Medias marginales estimadas en la comprensión del uso del ecógrafo. ..	109
Tabla 58. Comparaciones por pares en la comprensión del uso del ecógrafo.....	109
Tabla 59. Prueba multivariada (ANOVA) sobre la identificación de anatomía e histología normal mamaria.	110

Tabla 60. Efectos intra-sujetos en la identificación de anatomía e histología normal mamaria.....	110
Tabla 61. Medias marginales estimadas en la identificación de anatomía e histología normal mamaria.....	111
Tabla 62. Comparaciones por pares en anatomía e histología normal mamaria.	111
Tabla 63. Prueba multivariada (ANOVA) sobre la identificación de hallazgos benignos en lesiones mamarias.....	112
Tabla 64. Efectos intra-sujetos en la identificación de hallazgos benignos en lesiones mamarias.	112
Tabla 65. Medias marginales estimadas en la identificación de hallazgos benignos mamarios.	113
Tabla 66. Comparaciones por pares en hallazgos benignos mamarios.	113
Tabla 67. Prueba multivariada (ANOVA) sobre la identificación de hallazgos malignos en lesiones mamarias.....	114
Tabla 68. Efectos intra-sujetos en la identificación de hallazgos malignos en lesiones mamarias.	115
Tabla 69. Medias marginales estimadas en la identificación de hallazgos malignos mamarios.	115
Tabla 70. Comparaciones por pares en hallazgos malignos mamarios.	116
Tabla 71. Comparación de medias pre y post intervención en habilidades autopercibidas con simulación ecográfica mamaria, mejora observada y tamaño del efecto parcial (η^2_p).....	117
Tabla 72. Estadísticos multivariados (Traza de Pillai) para la interacción Tiempo × Grupo en variables de autopercepción tras la simulación ecográfica.....	117
Tabla 73. Comparación de medias de puntajes totales (M) y desviaciones estándar (DE) en el post-test por grupo (control vs. experimental), con resultados de la prueba t de Student independiente y tamaño del efecto (d de Cohen).....	121
Tabla 74. Evaluación descriptiva de la percepción estudiantil sobre la utilidad y satisfacción con la simulación ecográfica.....	125
Tabla 75. Análisis relacional de dimensiones clave en la valoración de la simulación ecográfica.....	126

Tabla 76. Evaluación global del curso: cumplimiento de objetivos, satisfacción general y disposición a recomendar	126
Tabla 77. Resumen integral de los efectos estadísticos de la intervención educativa por dimensión, variable y fase (gamificación y simulación): análisis de F, interacción Tiempo × Grupo, tamaño del efecto parcial (η^2_p) e interpretación cuantitativa del impacto formativo.....	129
Tabla 78. Estudios relevantes sobre simulación, gamificación y ecografía en educación médica: contexto, similitudes con el presente estudio y hallazgos clave	131

ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Comparación de los puntajes pre-test y post-test por grupo..	96
Ilustración 2. Comparación de los puntajes pre-test y post-test por grupo	99
Ilustración 3. Comparación de conocimientos pre y posttest en anatomía ecográfica de la mama.	102
Ilustración 4. Representa la comparación de los puntajes medios entre pretest y posttest para el grupo control y el grupo experimental	105
Ilustración 5. Dispersión que muestra la relación entre el puntaje de conocimiento teórico post-test y la autopercepción de habilidades post-test.....	119
Ilustración 6. Comparación de las puntuaciones post-test entre el grupo control y el experimental, en conocimiento teórico y autopercepción.....	120
Ilustración 7. Representa gráficamente el tamaño del efecto (d de Cohen) para las diferencias post-test entre el grupo experimental y el grupo control, tanto en conocimiento como en autopercepción.....	122
Ilustración 8. Relación lineal entre conocimiento y autopercepción post-test en estudiantes de ecografía.	124

AGRADECIMIENTOS

La culminación de esta tesis doctoral ha sido posible gracias al apoyo incondicional de numerosas personas a quienes deseo expresar mi más profundo agradecimiento.

En primer lugar, a mi madre Kathya, por su amor infinito, su constante aliento y su ejemplo de fortaleza; y a mi abuelita Helena, cuyas sabias palabras y su ternura han iluminado siempre mi camino académico y personal.

Mi gratitud sincera a mis directores de tesis, los Dr. Gambini (Valencia) y Dr. Vasileios (Grecia) cuya guía experta, exigencia intelectual y generoso respaldo han sido fundamentales para el desarrollo y la calidad de este trabajo.

También quiero destacar a Dra. Florentina Guzmán “Tina”, mi tutora desde los residente en radiología mamaria: su confianza en mis capacidades y su dedicación desinteresada marcaron el inicio de mi vocación investigadora y reforzaron mi determinación en cada paso del proyecto.

A mis amigos en Ecuador y en Almería, gracias por demostrarme que la distancia nunca es obstáculo para la camaradería y el apoyo mutuo. Vuestra compañía, ya sea en salidas de café o en conversaciones en línea, me ayudó a mantener el equilibrio y el buen humor durante los momentos de mayor intensidad académica.

Un reconocimiento especial a mis hermanos, Víctor Hugo y Nicole, por sus ánimos constantes. Su complicidad y cariño han sido un pilar esencial en mi vida.

Espero que este trabajo contribuya al avance del conocimiento y sea un reflejo del compromiso compartido que tantas veces me inspiró a perseverar.

RESUMEN

Introducción: La digitalización de la radiología impulsa innovaciones educativas integrando teoría y práctica. La ecografía mamaria, crucial en la detección precoz del cáncer de mama, requiere combinar conocimientos teóricos y habilidades prácticas. Este estudio evalúa un modelo híbrido que combina gamificación en redes sociales y simulación clínica, con el objetivo de mejorar la enseñanza de la ecografía mamaria.

Metodología: Estudio cuasi-experimental de 12 semanas con 76 estudiantes de Medicina asignados a grupo control ($n=38$) y experimental ($n=38$). Ambos grupos realizaron un pretest y un posttest teórico de 20 ítems sobre ecografía mamaria. El grupo experimental completó una fase online (semanas 2–10) con contenido educativo en Instagram® y cuestionarios, seguida de un taller práctico con ecógrafo real y fantomas (semana 11). Se compararon los resultados mediante análisis estadístico.

Resultados: El grupo experimental mejoró significativamente más que el control en el examen teórico ($p < 0,001$). También reportó mayor confianza autopercebida en sus habilidades prácticas tras la simulación. El conocimiento posttest correlacionó positivamente con la autopercepción ($r \approx 0,75$). La satisfacción fue muy alta ($\geq 4,5/5$). No hubo diferencias entre grupos en tareas diagnósticas complejas sin simulación.

Conclusiones: La estrategia educativa híbrida de gamificación y simulación mejoró significativamente el aprendizaje teórico-práctico en ecografía mamaria, confirmando la eficacia de esta innovación educativa. Este enfoque potenció tanto los conocimientos como la autoeficacia de los estudiantes, subrayando su relevancia para adquirir competencias clínicas complejas. Se recomienda incorporarlo al currículo, evaluar la retención a largo plazo y optimizar el uso de simuladores para ampliar su alcance.

Palabras clave: ecografía mamaria; aprendizaje híbrido; gamificación; simulación; educación médica.

Abstract

Introduction: The digitization of radiology is driving innovations integrating theory and practice. Breast ultrasound, crucial for early breast cancer detection, requires students to acquire theoretical knowledge and practical skills simultaneously. This study evaluates a blended learning model combining social media gamification with clinical simulation, aimed at improving breast ultrasound training for medical students.

Methodology: A 12-week quasi-experimental study with 76 medical students (control n=38, experimental n=38). Both groups completed a 20-item pretest and posttest on breast ultrasound knowledge. The experimental group underwent an online phase (weeks 2–10) with Instagram-based content and quizzes, followed by an in-person workshop with an ultrasound machine and phantoms (week 11). Outcomes were compared between groups using statistical methods.

Results: The experimental group improved more than the control on the theoretical exam ($p < 0.001$). They also reported greater self-confidence in practical ultrasound skills after the simulation. Post-test knowledge correlated positively with self-perceived competence ($r \approx 0.75$). Satisfaction with the approach was high ($\geq 4.5/5$). No differences were observed in complex diagnostic tasks without simulation.

Conclusions: The blended strategy of gamification and simulation improved breast ultrasound learning, confirming the effectiveness of this innovation. This integrated approach enhanced students' knowledge and self-efficacy, underscoring its relevance for developing complex clinical skills. It is recommended to incorporate this model into the radiology curriculum, with evaluation of long-term retention and optimization of simulator use for wider adoption.

Keywords: breast ultrasound; blended learning; gamification; clinical simulation; medical education.

Resum (Valencià)

Introducció: La digitalització de la radiologia impulsa innovacions docents que integren teoria i pràctica. L'ecografia mamària, crucial en la detecció precoç del càncer de mama, requereix combinar coneixements teòrics i habilitats pràctiques. Aquest estudi avalua un model híbrid que combina la gamificació a les xarxes socials i la simulació per millorar l'ensenyament de l'ecografia mamària.

Metodologia: Estudi quasi-experimental de 12 setmanes amb 76 estudiants de medicina assignats als grups control (n=38) i experimental (n=38). Tots dos grups van fer un pretest i un posttest de 20 ítems sobre ecografia mamària. El grup experimental va completar una fase en línia amb contingut a Instagram® i qüestionaris, seguida d'un taller pràctic amb ecògraf i fantomes. Es van comparar els resultats estadísticament.

Resultats: El grup experimental va millorar més que el grup de control en l'examen teòric ($p < 0,001$). També van manifestar més confiança en les seues habilitats pràctiques després de la simulació. El coneixement posttest es va correlacionar positivament amb l'autopercepció ($r \approx 0,75$). La satisfacció va ser alta ($\geq 4,5/5$). No es van observar diferències en tasques diagnòstiques complexes sense simulació.

Conclusions: L'estratègia híbrida de gamificació i simulació va millorar l'aprenentatge en ecografia mamària, confirmant l'eficàcia d'aquesta innovació. Aquest enfocament va augmentar els coneixements i l'autoeficàcia de l'alumnat, subratllant la importància de desenvolupar competències clíniques complexes. Es recomana incorporar-lo al currículum de radiologia, avaluar la retenció a llarg termini i optimitzar l'ús de simuladors per ampliar-ne l'abast.

Paraules clau: ecografia mamària; aprenentatge híbrid; gamificació; simulació clínica; educació mèdica.

Capítulo I. Introducción

«En el ámbito del espíritu, busca la claridad;

en el mundo material, busca la utilidad.»

Gottfried Wilhelm Leibniz.

Filósofo, matemático y científico alemán.

En los últimos tiempos, la enseñanza de radiología ha experimentado transformaciones significativas debido a los avances tecnológicos en un lapso breve, lo que ha llevado a la digitalización de las imágenes diagnósticas y su paso del hospital a las redes sociales rápidamente. Conforme la salud avanza hacia la tecnología, crece el interés en el ámbito académico por integrar métodos educativos más sofisticados para aprender habilidades y destrezas. Esto beneficia la educación médica actual, especialmente en el campo del diagnóstico por imágenes, donde la evidencia visual de hallazgos imagenológicos es crucial para el progreso de esta disciplina.

El propósito de esta investigación es verificar si las aplicaciones interactivas "gamificadoras" y las experiencias de aprendizaje mediante simulación pueden tener un impacto significativo. Se busca evaluar si esta modalidad combinada (blended) podría ser una opción viable para mejorar la enseñanza en radiología, centrándose especialmente en la detección de imágenes mamarias por ecografía, un tema de elevada relevancia epidemiológica y sensibilidad. Uno de los objetivos principales del proyecto es mejorar la participación, la permanencia y las habilidades clínicas y radiológicas de los estudiantes de medicina en el área de la ecografía mamaria. Esto les ayudará a aplicar estos conocimientos en su futura carrera profesional.

La transición de los hospitales universitarios de rayos o láminas impresas a las imágenes radiológicas digitales ha propiciado al desarrollo de recursos en línea y bibliotecas de archivos electrónicos para la enseñanza de la radiología. Estas innovaciones en el campo de la educación médica han creado nuevas oportunidades para los programas de *e-learning* que pueden llegar a un mayor número de estudiantes. Estudios recientes

destacan que la digitalización de las imágenes radiológicas y la implementación de sistemas como PACS (*Picture Archiving and Communication System*) han facilitado la creación de bases de datos, promoviendo el aprendizaje autónomo y el acceso global a materiales de alta calidad. Por ejemplo, la literatura señala que la disponibilidad de archivos digitales y recursos multimedia ha permitido superar las limitaciones de los métodos tradicionales, como la dependencia de películas impresas almacenadas físicamente y la dificultad de compartir casos interesantes entre instituciones (Stirrat et al., 2024).

En los últimos años, la formación en radiología y ecografía, en particular en campos como la ecografía de mama, ha experimentado un notable avance debido a la integración de recursos digitales interactivos y técnicas de simulación. Dentro de esta situación, se ha comprobado que plataformas como Instagram® y las herramientas de simulación con fantasmas son útiles para potenciar la educación de los alumnos de medicina, al combinar la gamificación con la simulación para un aprendizaje más efectivo. Estas tácticas combinadas están revolucionando la manera en que se imparten y se desarrollan habilidades prácticas en el campo de la radiología.

El empleo de redes sociales como Instagram® en la enseñanza médica ha aumentado gracias a su habilidad para ofrecer información educativa de forma fácil y dinámica. Investigaciones recientes han evidenciado que redes sociales como Instagram® tienen la capacidad de mostrar conceptos radiológicos a través de casos clínicos, encuestas y cuestionarios interactivos. Como ejemplo reciente, un estudio demostró que el empleo de Instagram® por parte de profesionales de la educación especializada incrementó notablemente el entusiasmo de los alumnos por la radiología, al mismo tiempo que favoreció la retención de conocimientos anatómicos y patológicos (Kauffman et al., 2024). Un estudio reciente en el 2023 en Azerbaiyán de Graefen y colaboradores en el 2023, demostraron que la razón de esto radica en las herramientas interactivas que la plataforma proporciona, tales como las encuestas en las historias y los cuestionarios, promoviendo la participación del estudiante y facilitando el proceso de aprendizaje. Asimismo, Instagram® posibilita un acceso más amplio al material educativo, ya que una parte significativa de sus usuarios se encuentra dentro del grupo de edad de los universitarios (18-29 años), lo que potencia su efecto educativo.

En el campo de la educación médica, se debe prestar especial atención al valor de la simulación basal en la educación formativa, especialmente en campos relacionados con especializaciones como las artes gráficas. El estudio real realizado por Schmidt y colegas (2021) muestra valores base adecuados que respetan los beneficios educativos de incorporar modelos de simulación y económicos, así como enfoques pedagógicos estructurados en el aprendizaje ecográfico con puntajes que aumentaron del 50.2% al 75.2% después del entrenamiento, según lo evaluado mediante un cuestionario de opción múltiple (COM o MCQ – *Multiple Choice Question*), el estudio evidenció una mejoría estadísticamente significativa. La competencia práctica de los estudiantes se evaluó de manera efectiva a través de un *Examen Clínico Objetivo Estructurado (ECO)*, donde los participantes obtuvieron un promedio de 17.3 sobre 20 (86.5%), mostrando así un alto nivel de influencia dominante en un entorno simulado.

Los participantes obtuvieron un promedio de 17.3 sobre 20 (86.5%) en un Examen Clínico Objetivo Estructurado (ECO), demostrando alta competencia práctica en un entorno simulado. Aparte de los beneficios cognitivos y procedimentales, la investigación reveló el alto grado de satisfacción entre los estudiantes con la intervención educativa. La retroalimentación evaluativa indicó que la mayoría de los aspectos del plan de estudios obtuvieron calificaciones entre 1.2 y 1.7 en una escala Likert de cinco puntos, donde 1 significa "muy bueno", destacando así la aceptabilidad y el valor percibido del programa. El uso del Método de Cuatro Pasos de Peyton, una herramienta de enseñanza que guía a los estudiantes a través de las fases de observación, conocimiento y experiencia práctica de los procedimientos de biopsia ecográfica y de aguja central, fue fundamental para alcanzar este éxito. Destacadamente, el empleo de un fantasma a base de agar económico en los modelos cadavéricos o animales posibilitó la práctica repetida sin afectar la calidad educativa. Los resultados combinados muestran que el acceso al material, la integridad estructural y la calidad educativa pueden mejorar significativamente la preparación clínica y la confianza de los futuros profesionales en ecología de la salud.

En los último 3 años, con el avance de la *Inteligencia Artificial (IA)* la simulación está utilizando tecnología que ha posibilitado la creación de representaciones visuales artificiales y programas informáticos que imitan situaciones clínicas auténticas. Según

una investigación reciente, se comprobó que las imágenes artificiales creadas a través de modelos de IA tienen un nivel de precisión similar a las imágenes reales al clasificar lesiones mamarias según el sistema ***Breast Imaging Reporting and Data System***, que en español significa "Sistema de Reporte y Registro de Imágenes Mamarias" BI-RADS. En este estudio, radiólogos con experiencia obtuvieron un índice de 0.98 en el *área bajo la curva* (AUC) al emplear imágenes sintéticas, en contraste con un valor de 0.94 utilizando imágenes reales (Xu J. et al., 2023). El descubrimiento confirma la eficacia educativa de las representaciones visuales artificiales, al posibilitar que los alumnos se enfrenten a una diversidad extensa de situaciones clínicas sin tener que depender únicamente de pacientes reales. Igualmente, la incorporación de sistemas que utilizan inteligencia artificial aumenta la exactitud en los diagnósticos y proporciona una respuesta inmediata, aspecto esencial para la formación práctica.

Esta investigación subraya la prisa de adoptar modelos educativos híbridos que combinen la inmediatez de las redes sociales con el rigor de la simulación clínica. Los hallazgos aquí presentados no solo respaldan la viabilidad de estas estrategias, sino que también invitan a explorar —en futuras tesis— cómo la IA generativa y la realidad aumentada pueden potenciar las brechas actuales en la formación radiológica. El desafío radica en transformar estas innovaciones en pilares estructurales de los currículos médicos, asegurando que la próxima generación de médicos esté preparada para los dilemas tecnológicos y éticos del siglo XXI

1. Fundamentos epistemológicos de la educación médica

En las últimas décadas, la formación de profesionales sanitarios ha evolucionado desde modelos centrados en la mera transmisión de información hacia enfoques que reconocen al estudiante como un constructor activo de significado. Esta transformación responde a la creciente complejidad de los entornos asistenciales y a la necesidad de que el futuro médico desarrolle representaciones internas profundas que le permitan integrar conocimientos básicos, razonamiento clínico y juicio ético en tiempo real (Cook & Artino, 2016).

La transición del conductismo al constructivismo en la educación médica ha sido impulsada por la demanda de profesionales capaces de gestionar la incertidumbre

clínica mediante el pensamiento crítico. Este cambio epistemológico se sustenta en tres ejes fundamentales: la incorporación de la *medicina basada en evidencias (MBE)* como metodología pedagógica, la revalorización del error como herramienta de aprendizaje, y la adopción de modelos centrados en competencias clínicas adaptativas.

La educación médica basada en evidencias (EMBE), como derivación directa de la MBE, ha redefinido los estándares formativos al exigir que las decisiones pedagógicas se fundamenten en revisiones sistemáticas de prácticas educativas validadas experimentalmente (Guerra & Carrasco, 2021). Este enfoque reemplaza la mera repetición de protocolos por el análisis crítico de escenarios clínicos complejos, donde los estudiantes deben discriminar entre múltiples fuentes de evidencia para la toma de decisiones diagnósticas (Vidal-Ledo & Vicedo-Tomey, 2017). La implementación de la EMBE ha demostrado que los métodos constructivistas, como el aprendizaje basado en problemas, incrementan significativamente la retención de conocimientos al vincular teoría y práctica mediante casos simulados (Guerra & Carrasco, 2021).

El error, tradicionalmente penalizado en los modelos conductistas, ha sido reconfigurado como un elemento potenciador del aprendizaje. Las simulaciones clínicas con retroalimentación inmediata permiten a los estudiantes experimentar las consecuencias de decisiones incorrectas en entornos controlados, promoviendo la metacognición y la autorregulación (Vidal-Ledo & Vicedo-Tomey, 2017). Este paradigma se alinea con los postulados de Harden (citado en Vidal-Ledo & Vicedo-Tomey, 2017), quien sostiene que la educación médica debe priorizar la adaptabilidad sobre la memorización, preparando a los futuros profesionales para escenarios en los cuales la evidencia disponible es incompleta o contradictoria.

La atención centrada en el paciente ha acelerado esta transformación educativa, al demandar el desarrollo de habilidades comunicativas y éticas que trascienden la mera competencia técnica. Los planes de estudio contemporáneos integran talleres de simulación destinados a entrenar la empatía y el juicio clínico, combinando modelos constructivistas con herramientas que personalizan los casos según las necesidades individuales de los alumnos (Guerra & Carrasco, 2021). Esta sinergia entre tecnología y pedagogía evidencia que el constructivismo (*ver esquema abajo -imagen N°1*) no solo

optimiza las competencias diagnósticas, sino que también contribuye a la humanización de la práctica médica.

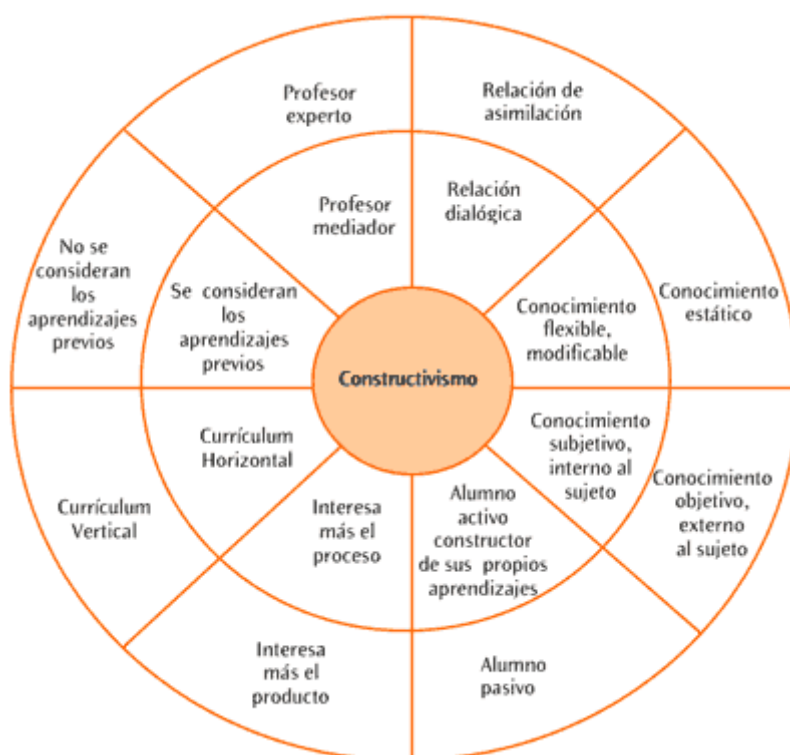


Imagen Nº 1 Esquema de la enseñanza constructivista: Componentes. Fuente: *Paideia: blog de la Biblioteca de Educación de la Universidad de Sevilla.* (2009, December 28). *Sobre la enseñanza constructivista.* *Paideia: blog de la Biblioteca de Educación de la Universidad de Sevilla.* <https://paideiablog.wordpress.com/2009/12/28/sobre-la-ensenanza-constructivista/>

Más allá del constructivismo individual, la teoría sociocultural propuesta por Vygotsky enfatiza el papel fundamental del contexto social y de la interacción entre pares y expertos en la construcción del conocimiento médico. En este sentido, los entornos colaborativos, como las comunidades de práctica, permiten a los estudiantes integrar conocimientos teóricos y prácticos a través del diálogo y la retroalimentación social, favoreciendo tanto la adquisición de habilidades clínicas complejas como la consolidación de identidades profesionales sólidas (Yardley et al., 2021).

El tránsito hacia un paradigma constructivista ha implicado también un replanteamiento ético-pedagógico, en el cual se subraya el compromiso con la justicia social, la equidad educativa y la atención integral dirigida a comunidades vulnerables. Este enfoque busca formar médicos conscientes de los contextos sociales y culturales, capaces de cuestionar

críticamente las estructuras tradicionales del poder médico y de promover prácticas clínicas inclusivas y equitativas (Bleakley, 2020).

Un hito reciente en la evolución de la educación médica fue la pandemia de COVID-19, que precipitó la integración de métodos virtuales en los procesos de enseñanza-aprendizaje, evidenciando la necesidad de adaptar los paradigmas constructivistas a los entornos digitales. Plataformas virtuales interactivas y herramientas de realidad aumentada han abierto nuevas oportunidades para aplicar los principios epistemológicos modernos, manteniendo el énfasis en la construcción activa del conocimiento, incluso en formatos no presenciales (Dedeilia et al., 2020).

La utilización de plataformas virtuales de e-learning y la simulación con fantomas en radiología resulta indispensable desde una perspectiva constructivista, ya que permite integrar teoría y práctica de manera segura y efectiva. Estas herramientas fortalecen la comprensión profunda, facilitan el manejo crítico de la incertidumbre diagnóstica y optimizan las habilidades de empatía y comunicación a través de simulaciones que replican situaciones clínicas reales.

En este marco, el presente proyecto se fundamenta en los principios epistemológicos mencionados, con el propósito de exponer el potencial pedagógico de las tecnologías digitales —plataformas virtuales interactivas y simulación con fantomas— para fortalecer la educación médica contemporánea en el área de radiología, en consonancia con las necesidades actuales de formación integral y crítica de los futuros profesionales de la salud.

1.2 Ecografía Mamaria

1.2.1 Fundamentos Físicos de la Ecografía Mamaria

La ecografía mamaria es una técnica de imagen que utiliza ondas sonoras de alta frecuencia para generar imágenes en tiempo real del tejido mamario. Las frecuencias empleadas, generalmente entre 7 y 18 MHz, permiten una resolución espacial adecuada para visualizar detalles anatómicos pequeños, aunque con una disminución en la profundidad de penetración (Hangiandreou, 2003).

El principio físico fundamental de la ecografía es el efecto piezoeléctrico, descubierto por los hermanos Curie en 1880. Este fenómeno se basa en la capacidad de ciertos materiales cristalinos para generar cargas eléctricas en respuesta a la deformación mecánica y viceversa. Este efecto es esencial en la generación y recepción de ondas ultrasónicas en los transductores ecográficos (Kamel, 2022).

1.2.2 Formación de Imágenes en Ecografía

La formación de imágenes ecográficas se basa en el principio de pulso-eco, donde impulsos ultrasónicos son enviados al cuerpo, interactúan con los tejidos y generan ecos que retornan al transductor. La imagen resultante depende de varios factores, incluyendo la frecuencia de la onda acústica, la velocidad de propagación del sonido en los tejidos, la amplitud e intensidad de las señales y las propiedades acústicas de los tejidos (Kremkau, 2016).

Propagación de los ultrasonidos: IMPEDANCIA DE LAS ESTRUCTURAS HUMANAS

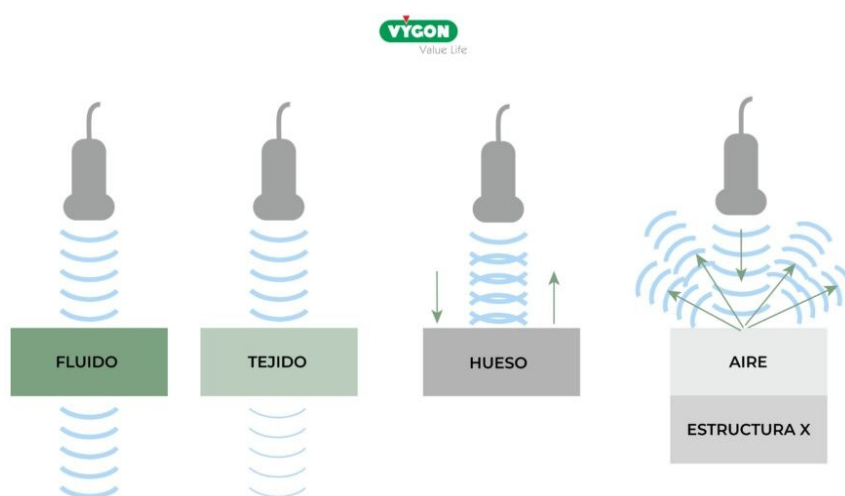


Imagen Nº 2 El ultrasonido atraviesa distintos tejidos del cuerpo, encontrando resistencias variables según su densidad, lo que se conoce como impedancia. Los sólidos como el hueso tienen alta impedancia, los líquidos baja, y los gases, aunque poco densos, no transmiten bien el ultrasonido. Esta diferencia influye en la calidad de las imágenes ecográficas. tomado de Vygon España. (s.f.). Ecografía: ¿cómo se forma la imagen? Campus Vygon. <https://campusvygon.com/es/ecografia-como-se-forma-la-imagen/>

La frecuencia de la onda ultrasónica determina tanto la resolución como la penetración de la imagen: frecuencias altas permiten mejor resolución, pero menor profundidad,

mientras que frecuencias bajas ofrecen mayor penetración a costa de la resolución. La longitud de onda está inversamente relacionada con la frecuencia y directamente con la resolución espacial. La atenuación describe la pérdida progresiva de energía de la onda a medida que atraviesa los tejidos, debida a la absorción, dispersión y reflexión, fenómenos que también generan artefactos importantes para la interpretación clínica (Kremkau, 2016).

1.3 Anatomía e Histología Mamaria en Ecografía

La ecografía mamaria permite visualizar diferentes estructuras anatómicas, incluyendo la piel, la grasa subcutánea y el estroma fibroglandular. La piel aparece como una línea hiperecoica superficial, la grasa subcutánea como un tejido hipoeicoico relativamente homogéneo y el estroma fibroglandular como áreas heterogéneas e hiperecoicas. Los ligamentos de Cooper, bandas de tejido conectivo que atraviesan la mama, pueden ser visualizados como líneas hiperecoicas finas que delimitan y organizan el parénquima mamario (Mendelson et al., 2013).

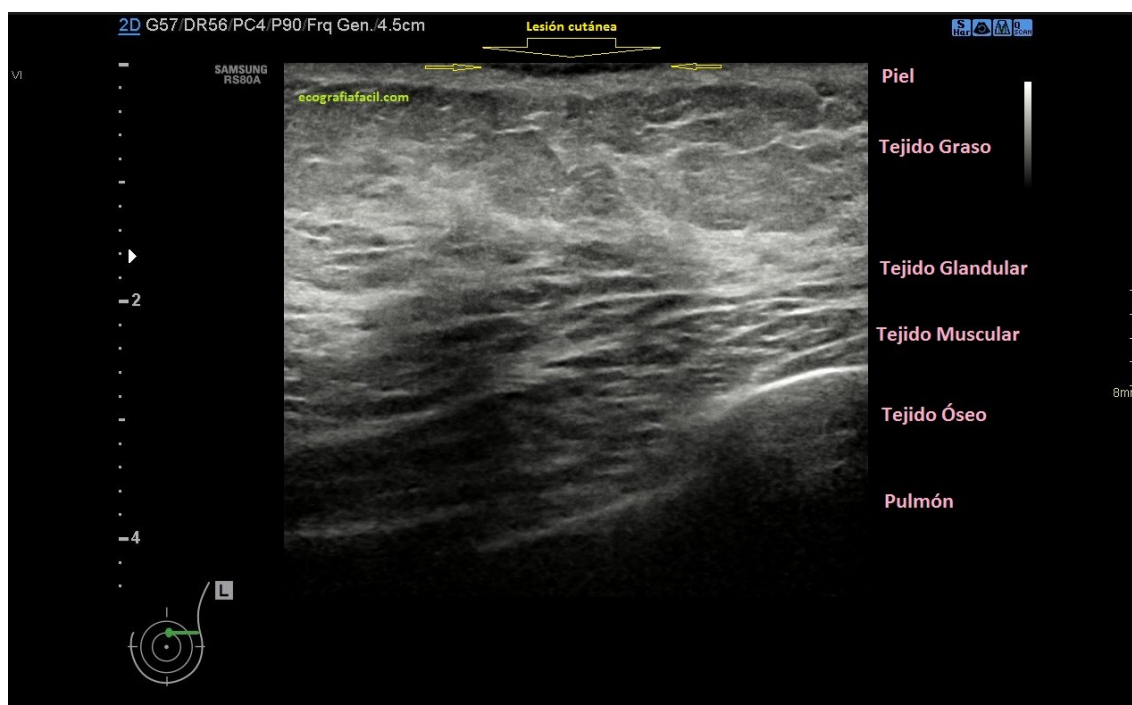


Imagen Nº 3 Al realizar una ecografía mamaria, es fundamental examinar toda la zona, desde la superficie hasta las capas más profundas. Esto resalta la importancia de una evaluación por tejidos con su interpretación y visualización en la imagen de forma comparativa. Fuente: Ecografía Fácil. (s.f.). Ecografía de mama.

<https://ecografiafacil.com/category/ecografia-de-mama/>

Histológicamente, la mama se compone de lóbulos organizados en lobulillos terminales, cada uno compuesto por múltiples *unidades ducto-lobulares terminales (TDLU)*. La correcta identificación de estas estructuras en ecografía es fundamental para reconocer patrones normales y patológicos.

El ciclo hormonal femenino provoca variaciones fisiológicas en la ecogenicidad mamaria. Durante la fase lútea del ciclo menstrual, hay un aumento en el volumen y ecogenicidad del tejido fibroglandular debido a la proliferación lobular, mientras que en la fase folicular predomina la grasa subcutánea. Estos cambios deben ser considerados para evitar interpretaciones erróneas (Wiskin et al., 2024).

1.4 Interpretación de Lesiones Benignas y Malignas

El sistema BI-RADS ecográfico, desarrollado por el American College of Radiology en 2013, clasifica las lesiones mamarias en categorías que van desde 0 (evaluación incompleta) hasta 6 (confirmado como maligno), orientando la probabilidad de malignidad y la necesidad de intervenciones adicionales.

Los quistes simples se presentan como lesiones anecoicas con paredes delgadas, reforzamiento posterior y márgenes bien definidos. Los fibroadenomas, por su parte, son sólidos, ovalados, con orientación paralela a la piel y márgenes circunscritos, características que sugieren su benignidad (Mendelson et al., 2013).

Una tabla de rasgos diferenciales esenciales en ecografía mamaria incluye: forma (oval vs. irregular), orientación (paralela vs. no paralela), márgenes (circunscritos vs. espiculados), ecogenicidad (homogénea vs. heterogénea), vascularidad (escasa vs. intensa) y presencia o ausencia de artefactos como reforzamiento posterior o sombra acústica.

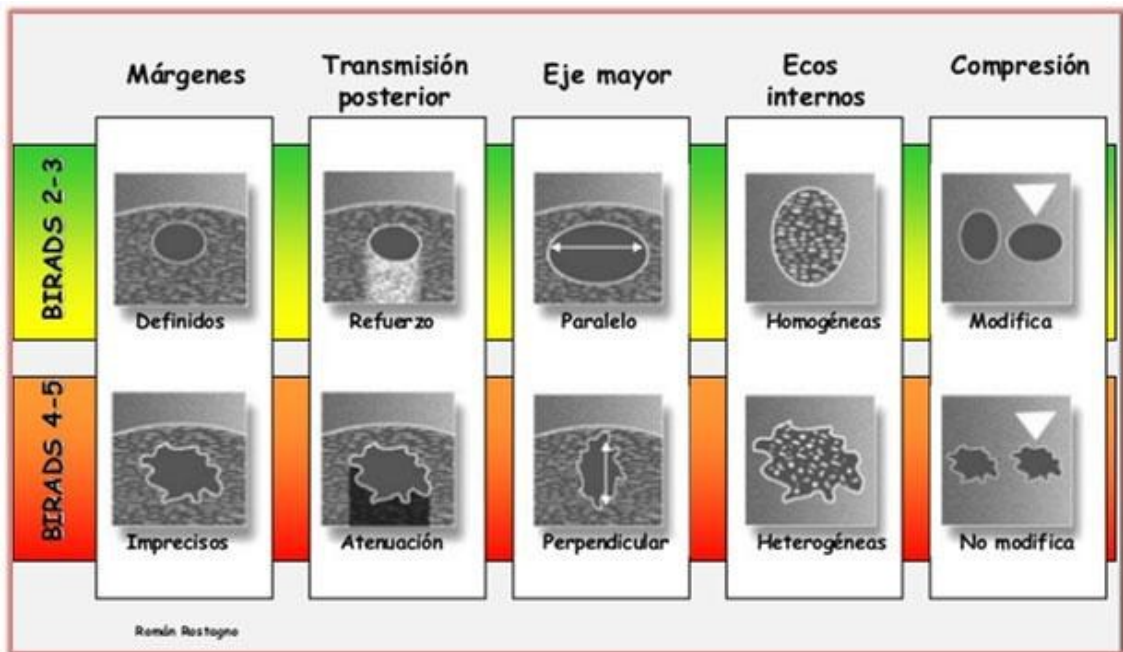


Imagen Nº 4 Corporación Nacional del Cáncer. (n.d.). Nódulos: Características por Ecografía. https://conac.cl/patologia_mamaria/cont2_2.php

1.5 Evolución de la enseñanza de la radiología

La radiología, disciplina eminentemente visual, ha sido particularmente sensible a las revoluciones tecnológicas. La transición de la película de acetato a la imagen digital supuso un punto de inflexión no solo en la práctica clínica sino también en la didáctica. Con la adopción masiva de los sistemas de archivo y comunicación de imágenes - Picture Archiving and Communication System- (PACS) a mediados de los 2000, el acceso instantáneo y la portabilidad revolucionaron el modo en que estudiantes y especialistas consultan, comparan y almacenan estudios (Stirrat et al., 2024).

La implementación de PACS en la educación médica ha permitido a los estudiantes acceder a una amplia variedad de imágenes clínicas reales, mejorando su capacidad diagnóstica y analítica. Estudios recientes han demostrado que el uso de PACS en la enseñanza de la radiología mejora significativamente las habilidades de interpretación de imágenes en comparación con métodos tradicionales. Por ejemplo, un estudio realizado por Mojtahedzadeh et al. (2024) encontró que los estudiantes que utilizaron PACS mostraron una mejora significativa en la interpretación de imágenes en comparación con aquellos que recibieron formación tradicional. Además, la

implementación de plataformas de aprendizaje basadas en casos interactivos ha facilitado una experiencia de aprendizaje más inmersiva y práctica, preparando mejor a los estudiantes para la práctica clínica real.

La digitalización también abrió la puerta a la enseñanza síncrona y asíncrona a distancia. La enseñanza del profesionalismo en radiología en la era post-COVID-19, según DeBenedictis (2023), ha evolucionado profundamente mediante la adopción de métodos virtuales y la implementación de plataformas de aprendizaje interactivo. Esta transición ha permitido flexibilizar y democratizar el acceso a la educación radiológica, favoreciendo una exposición más rica a diversos casos clínicos y promoviendo un aprendizaje más autónomo. Además, se subraya el papel de las simulaciones clínicas como herramientas esenciales para desarrollar no solo habilidades técnicas, sino también competencias comunicativas y éticas, fundamentales en la práctica profesional radiológica. La pandemia actuó como catalizador para reformular los planes de estudio hacia metodologías basadas en competencias y evaluaciones continuas, consolidando así un modelo educativo más adaptativo y centrado en la calidad formativa.

Por otro lado, el desarrollo de sistemas de seguimiento ocular aplicados al análisis de imágenes radiológicas, como el propuesto por Gong et al. (2021), representa una innovación crucial en la enseñanza de la radiología. Esta tecnología permite registrar y analizar en tiempo real los patrones visuales de los estudiantes y especialistas, ofreciendo una evaluación objetiva de los procesos de búsqueda y toma de decisiones diagnósticas. La posibilidad de interactuar de manera libre con imágenes tridimensionales, emulando escenarios clínicos reales, no solo optimiza la enseñanza basada en la simulación, sino que también refuerza el paradigma constructivista en la formación médica, donde el aprendizaje activo y personalizado se convierte en el eje central.

En conjunto, la innovación en la educación médica contemporánea en radiología refleja una convergencia entre tecnología, pedagogía activa y necesidades clínicas reales. La integración de plataformas virtuales, simulaciones clínicas avanzadas y tecnologías no solo amplía las oportunidades de aprendizaje, sino que también eleva la formación hacia estándares más altos de competencia profesional y sensibilidad ética. Así, la educación

en radiología del siglo XXI se proyecta como un campo dinámico, interdisciplinario y profundamente transformador.

1.6 Ecografía mamaria: relevancia clínica y competencia formativa

La ecografía mamaria se ha consolidado como una herramienta fundamental en la evaluación diagnóstica del cáncer de mama, enfermedad que representa el tumor maligno más frecuente en mujeres a nivel mundial y en España (Sung et al., 2021; SEOM, 2024). Con una incidencia de aproximadamente 2,3 millones de casos nuevos globalmente en 2020 y más de 36.000 casos anuales en España, el cáncer de mama constituye una prioridad en salud pública (Sung et al., 2021; SEOM, 2024).

La ecografía mamaria ofrece ventajas clave como su capacidad para diferenciar tejidos blandos, su utilidad en mujeres jóvenes con mamas densas y su aplicabilidad en procedimientos guiados por imagen, como las biopsias (Xu et al., 2025; American Cancer Society, 2023). Además, su rol en la caracterización de lesiones palpables y en el seguimiento de pacientes tratadas de cáncer de mama refuerza su valor clínico (Lawson et al., 2022).

La formación en ecografía mamaria durante la carrera de medicina se vuelve, por tanto, esencial. La introducción de talleres prácticos utilizando fantasmas y ecógrafos ha demostrado mejorar la confianza y habilidades de los estudiantes, preparándolos para afrontar situaciones clínicas reales (Caretta et al., 2024). Esta competencia, más allá del ámbito radiológico, potencia la capacidad de los futuros médicos para detectar de manera precoz patologías mamarias.

En el contexto del cáncer de mama, como se destaca en el artículo "Avances hacia el cribado personalizado del cáncer de mama: el papel de la Atención Primaria" (Pons-Rodríguez et al., 2022), la ecografía se presenta como una herramienta complementaria valiosa, especialmente en mujeres con mamas densas donde la mamografía puede tener limitaciones. Saber realizar e interpretar ecografías mamarias permite a los profesionales de la salud detectar lesiones sutiles que podrían pasar desapercibidas en otros estudios, contribuyendo a un diagnóstico temprano y, por ende, a un mejor pronóstico para las pacientes. Además, la ecografía facilita la realización de biopsias

guiadas, lo que aumenta la precisión diagnóstica y reduce la necesidad de procedimientos invasivos innecesarios.

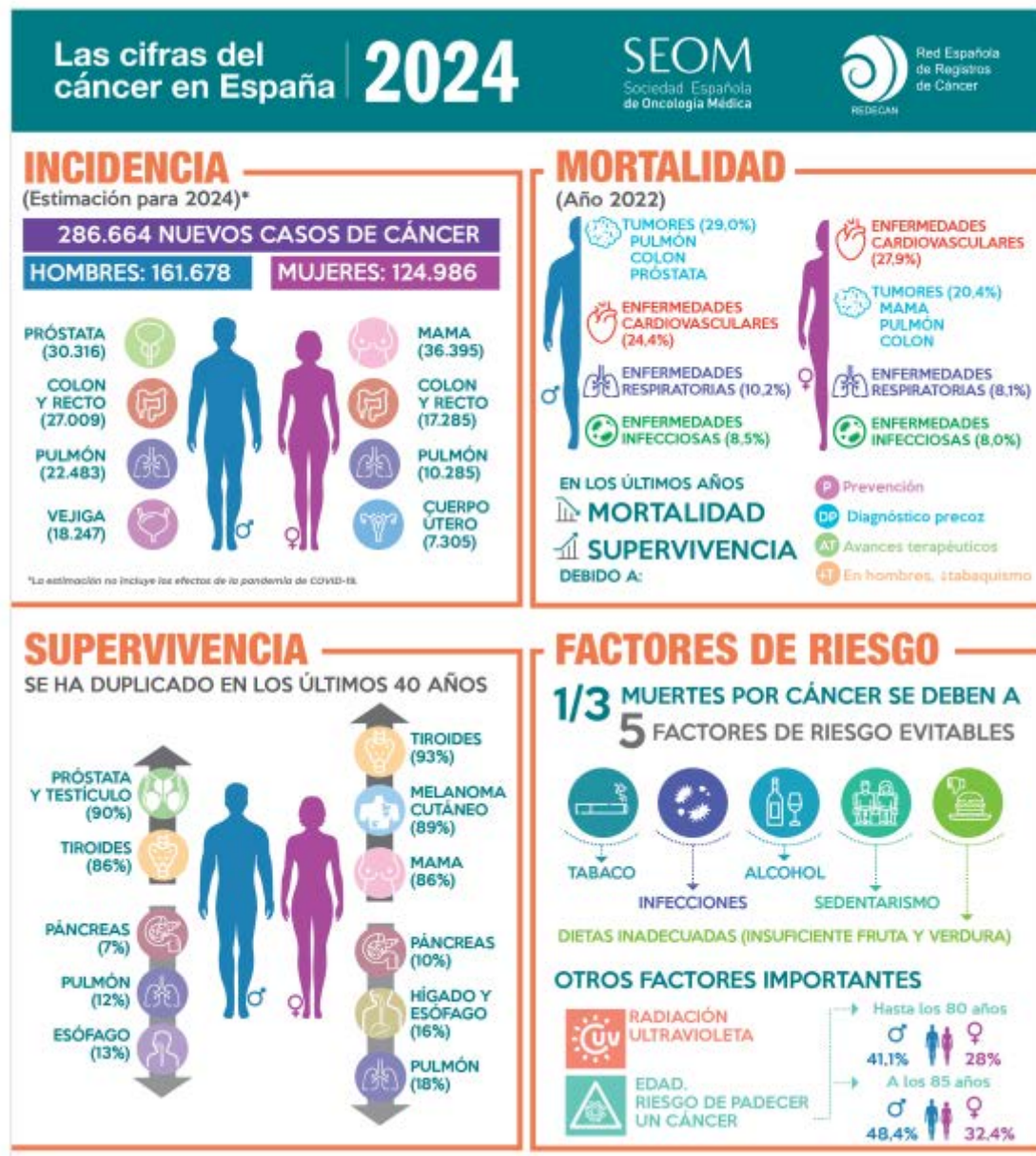


Imagen Nº 5 Según el informe Las cifras del cáncer en España 2024 de la Sociedad Española de Oncología Médica (SEOM), el fallecimiento por cáncer de mama en mujeres en España continúa siendo la primera causa de muerte por cáncer entre las mujeres en el país. Infografía obtenida del informe SEOM 2024. Fuente : Sociedad Española de Oncología Médica. (2024). Las cifras del cáncer en España 2024.

En resumen, dominar la técnica ecográfica es esencial para ofrecer una atención integral y personalizada a las pacientes, optimizando el cribado y diagnóstico del cáncer de mama y mejorando su calidad de vida. Así conocer los aspectos básicos desde la escuela

de medicina sobre la ecografía mamaria posee alta relevancia clínica y se convierte fundamental para mejorar la detección precoz y el manejo del cáncer de mama.

1.7 Uso de las redes sociales en el aprendizaje en medicina

El uso de las redes sociales es exponencial, y lo ha evidenciado durante los últimos diez años, como, por ejemplo, la plataforma Instagram en el 2015 tenía medio millón de usuarios, hoy en día existen 1,2 billones de usuarios. Estos datos son recabados de Estadísticas de Instagram [2023-2024] - Cocktail Marketing - Agencia de Marketing Digital. Que expone asimismo que la mayoría jóvenes que usan las redes sociales diariamente e incluso son su fuente de información de consulta primaria. El 70% de los usuarios de Instagram son menores de 35 años. El 92% de usuarios de Instagram considera más confiable el contenido generado por el usuario. El 26% de los usuarios de Instagram tienen estudios universitarios (o están en la universidad). El planteo actualmente no es si se debe o no incorporar esto medio digitales en la educación médica, sino cuál es la mejor manera de incorporarlos. (Whyte, W., 2017)

1.8 Instagram®

Kevin Systrom y Mike Krieger fundaron Instagram con el objetivo de crear una aplicación que muestre fotos del estilo de vida del usuario. Sin embargo, esta red se convirtió en algo más que eso, es una herramienta de comunicación potente hoy en día. Existen cuentas que tienen altísimo “engagement” o “enganche” desde como la cuenta de la corona británica hasta revistas como “Lonely Planet”, y en el ámbito de la medicina, como Journals que tienen sus propias cuentas como JAMA o British Medical Journal, que son fuente de consulta y exposición de noticias y artículos. Se sabe hoy en día que esta plataforma es clave para el desarrollo profesional y comercial de muchas personas.

En el 2015 una encuesta realizada a educadores demostró que sus 4 top son Facebook (52%), Twitter (47%), LinkedIn (21%), y Google + (16%), mientras que los estudiantes usaban Facebook(100%), YouTube (43%), Twitter (31%), e Instagram (30%). La edad poblacional de este grupo coincide entre los 18 y 29 años. (El Bialy S, et al., 2015).

Sin embargo, para el informe de redes sociales del IAB Spain del 2023. Los jóvenes entre 18-34 años, pasan al menos una hora diaria promedio (ver imagen 6), en sus redes sociales favoritas, entre ellas incluidas Instagram. Los motivos de los encuestados fueron: entretener (80%), interactuar (65%) e informarse (54%).

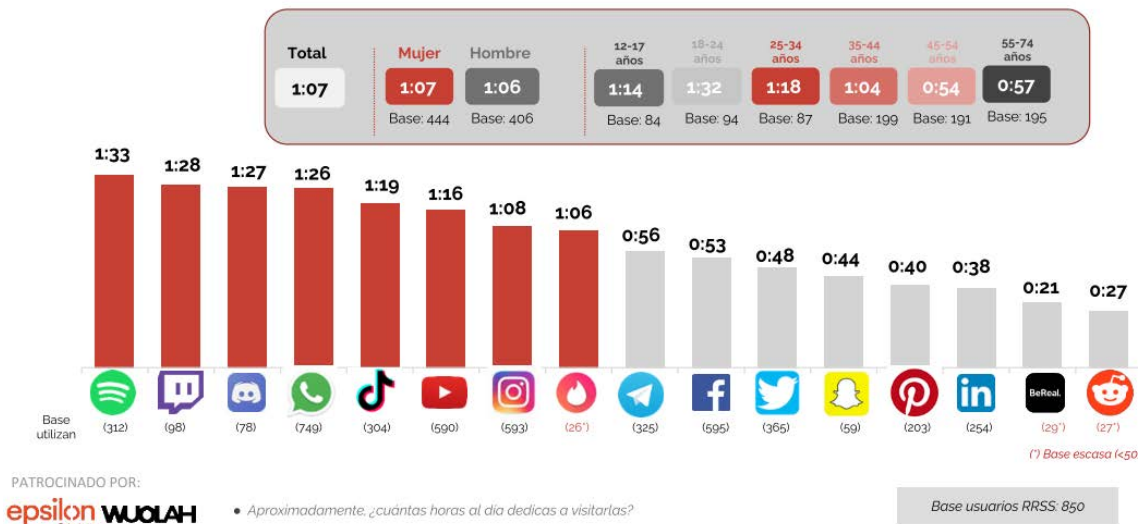


Imagen Nº 6 La intensidad de uso (minutos dedicados) a la Redes Sociales según declarativo, es ligeramente menor que años anteriores: 1h 07 min (1h 10 min en 2022, 1h 21 min en 2021, 1h 19 min en 2020). Los IAB Spain. (2023). Estudios de redes sociales 2023. 13–25. <https://iabspain.es/sin-acceso/download-id/240924/>

Desde el boom de su creación en el 2010, Instagram fue diseñada como una plataforma de entretenimientos y conexión social. No obstante, el uso como herramienta educativa se ha visto en los últimos años, por su interfaz amigable con los usuarios, muchos de los cuáles se crean cuentas específicas para la enseñanza. Se destaca de su diseño la creación de videos cortos que duran 15 a 60 segundos conocidos como “reels”, que condensan la cantidad de información que el “influencer” quiera exponer, y el otro formato conocido son los “posts”, que son imágenes con alguna reseña inferior a la misma. Otro formato, son las “stories” que son publicación sea video o imagen colgada por 24 horas, pudiendo también ser una destacada y adjuntándose permanentemente en el perfil como elemento fijo. (Bahar g., 2020)

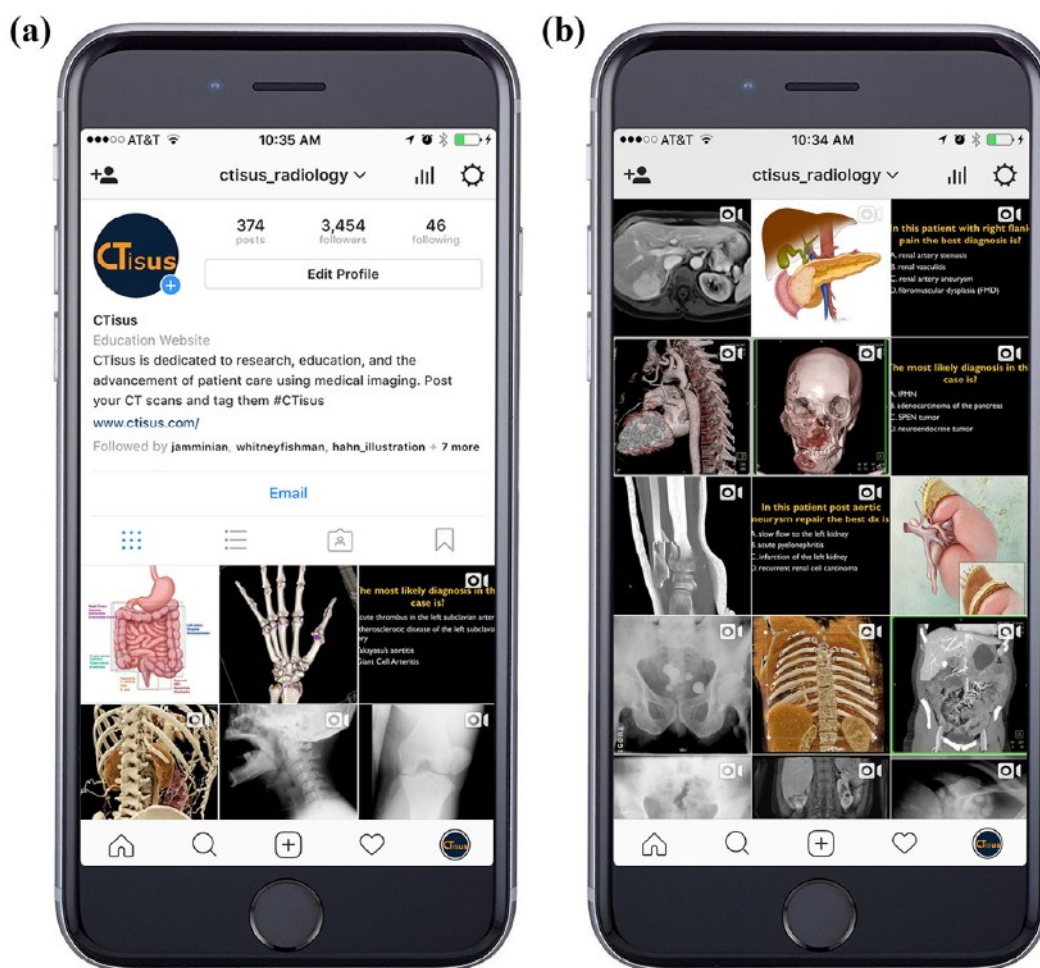


Imagen N° 7 Imagen del interfaz de la cuenta de Instagram de ctisus_radiology. Publicada por Shafer, S., Johnson, M. B., Thomas, R. B., Johnson, P. T., & Fishman, E. K. (2018). Innovations in Radiology Education Instagram as a Vehicle for Education : What Radiology Educators Need to Know. Academic Radiology, 25(6), 819–822. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2018.03.017>

Si bien existen pocos estudios que recaben información sobre el uso de Instagram en la especialidad médica de radiología, se está observando que la tendencia de educadores en este campo es de forma creciente, especialmente en la lengua anglosajona. Un ejemplo muy famoso es el @ctisus_radiology (ver imagen 7). Que expone casos de radiología por docentes médicos de esta especialidad en formato público y gratuito. Siendo esta una de las tantas cuentas que maneja similar formato.

Mi posicionamiento tras haber identificado en la literatura el alcance de Instagram y su potencial educativo en radiología, es suficiente para poder estudiar su impacto en los estudiantes de medicina, en el campo de la ecografía mamaria.

1.9 Simulación clínica aplicada a ecografía

La formación médica contemporánea exige estrategias que garanticen la adquisición de destrezas técnicas con seguridad, eficiencia y ética. Dentro de este marco, la simulación clínica ha emergido como una herramienta esencial, consolidándose como estrategia nuclear para la enseñanza de procedimientos como la ecografía mamaria. Este enfoque permite la práctica repetida en ambientes controlados y exentos de riesgos para el paciente, revolucionando así la formación tradicional en ecografía mediante la integración de métodos pedagógicos estructurados y tecnologías accesibles.

Uno de los avances más relevantes en este campo ha sido el desarrollo y validación de fantasmas de bajo costo que reproducen las características morfológicas y ecográficas del tejido mamario humano. Browne et al. (2018) diseñaron fantasmas antropomórficos que, al combinar materiales como agar, glicerol y partículas de óxido de aluminio y carburo de silicio, logran simular de manera realista las propiedades acústicas de las distintas estructuras mamarias, incluyendo lesiones benignas y malignas. Este avance no solo permite una experiencia táctil y visual similar a la realidad, sino que también favorece el aprendizaje deliberado en un entorno seguro.

El sustento teórico que valida el uso de simuladores en ecografía se basa en el ciclo de aprendizaje experiencial de Kolb (1984), que propone que el conocimiento se construye a partir de la experiencia concreta, la reflexión, la conceptualización abstracta y la experimentación activa. En el contexto de la simulación ecográfica, los estudiantes realizan exploraciones reales en un fantoma, reflexionan sobre su desempeño, integran los conceptos teóricos y vuelven a aplicar lo aprendido en prácticas sucesivas, consolidando así sus habilidades.

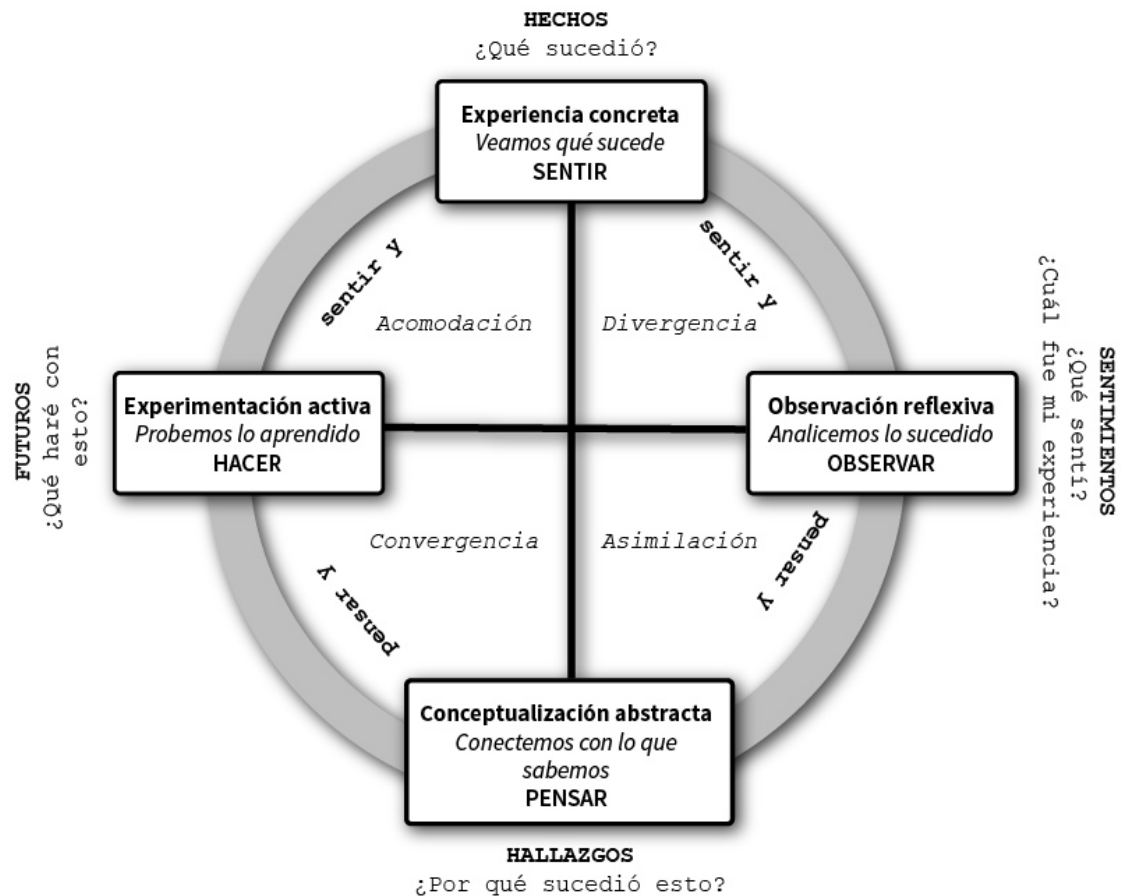


Imagen Nº 8 Adaptado de: Kolb, D. (1984). *Experiential learning as the source of learning and development*. Prentice Hall. Tomado de “Organización de las clases: el modelo de aprendizaje experiencial”. Centro de Actualización en la Enseñanza Superior. (s.f.). *Organización de las clases: el modelo de aprendizaje experiencial*. Universidad ORT Uruguay.

Complementariamente, la estrategia pedagógica basada en los cuatro pasos de Peyton ha demostrado ser altamente efectiva en la enseñanza de habilidades clínicas. Esta metodología consiste en la demostración, descomposición, comprensión y ejecución supervisada de una habilidad, asegurando que el estudiante internalice progresivamente tanto la técnica como la racionalidad subyacente. La combinación de este método con el uso de fantasmas proporciona un marco ideal para desarrollar competencias en ecografía mamaria, como la manipulación del transductor, la optimización de la imagen y la caracterización de lesiones siguiendo criterios estandarizados como BI-RADS.

LOS 4 PASOS DE PEYTON

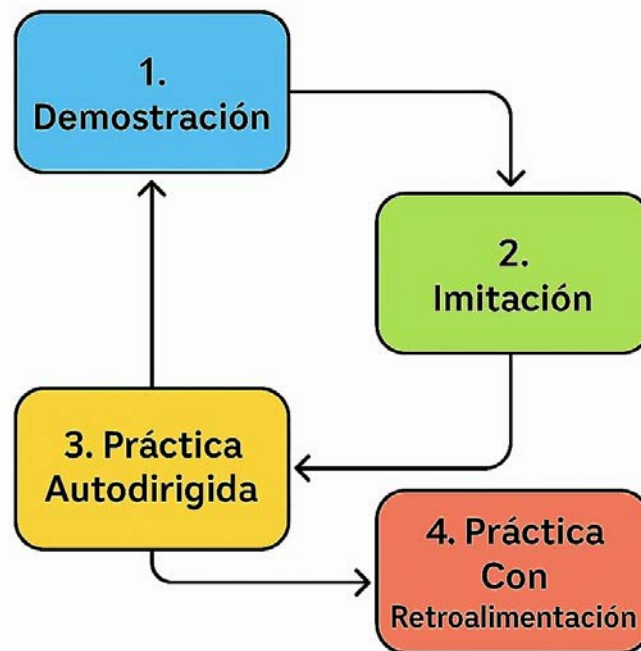


Imagen N° 9 Este diagrama representa los 4 pasos del método de Peyton, una técnica didáctica utilizada para la enseñanza de habilidades prácticas en entornos clínicos y educativos. Los pasos incluyen: 1. Demostración del instrucción sin explicación, 2. Imitación de la práctica con explicación del instructor, 3. Práctica autodirigida donde el alumno describe y explica al instructor lo que hace, y 4. Práctica en la que el alumno realiza solo la tarea de forma autónoma con retroalimentación (Peyton-modificado) del tutor. Fuente: Peyton, J. W. R. (1998). *Teaching and learning in medical practice*. Manticore Europe Limited.

La evidencia empírica respalda contundentemente el impacto positivo de la simulación en la formación ecográfica. Browne et al. (2018) realizaron un estudio prospectivo con residentes de radiología, donde observaron un aumento significativo del 26% en la tasa de detección de lesiones y del 17% en la correcta caracterización tras un taller de tres horas utilizando fantasmas antropomórficos. Estos resultados no solo subrayan la mejora técnica inmediata, sino también el desarrollo de habilidades psicomotoras tridimensionales, indispensables para la navegación espacial durante un examen ecográfico.

Asimismo, Limchareon y Kongprompsuk (2018) demostraron que incluso una breve exposición clínica —una rotación de dos semanas en radiología— combinada con el uso de modelos estáticos de mama puede mejorar de manera significativa las habilidades

de adquisición de imágenes ecográficas en estudiantes de medicina. En su estudio, los estudiantes que participaron en la rotación alcanzaron puntuaciones significativamente más altas en exámenes prácticos de evaluación estructurada (OSCE) en comparación con aquellos que no tuvieron dicha oportunidad. Estos hallazgos resaltan la importancia de la práctica guiada en entornos simulados para la adquisición de competencias ecográficas.

Entre los beneficios documentados de la simulación en ecografía mamaria destacan: la posibilidad de practicar sin riesgo para el paciente, la oportunidad de cometer y corregir errores en un entorno seguro, el aumento en la confianza del operador, y la capacidad de estandarizar la formación mediante la exposición sistemática a una variedad de escenarios clínicos. Además, el uso de fantasmas facilita la enseñanza de principios físicos de la ecografía, como la orientación de la sonda, la optimización de parámetros técnicos (profundidad, ganancia, enfoque), y la interpretación de artefactos acústicos, elementos fundamentales para un desempeño competente en la práctica real.

La pirámide de Miller (*ver imagen N°8*), utilizada para evaluar competencias clínicas, consta de cuatro niveles: Saber (conocimiento teórico), Saber cómo (aplicación del conocimiento), Mostrar cómo (demostración de habilidades) y Hacer (ejecución en entornos reales). En el contexto de la práctica con un transductor del ecógrafo, el nivel Saber cómo se refiere a que el estudiante entiende las técnicas de manejo del transductor, los planos anatómicos y la lógica de la imagen ecográfica. El nivel Hacer implica que el estudiante no solo comprende, sino que también realiza la ecografía correctamente en un entorno clínico real, aplicando juicio, precisión y destreza.

Aquí, la simulación —mediante ecógrafos con fantasmas o plataformas de realidad aumentada— se convierte en una herramienta esencial, ya que permite al alumno progresar del Saber cómo al Mostrar cómo en un entorno seguro. Simular el uso del transductor permite cometer errores sin riesgo para el paciente, recibir retroalimentación inmediata y repetir procedimientos hasta adquirir destrezas sólidas. Según Issenberg et al. (2005), la simulación médica efectiva mejora significativamente la transferencia de habilidades clínicas a la práctica real, posicionándose como un puente fundamental entre el conocimiento teórico y la competencia clínica real.

Pirámide de Miller y los instrumentos de evaluación

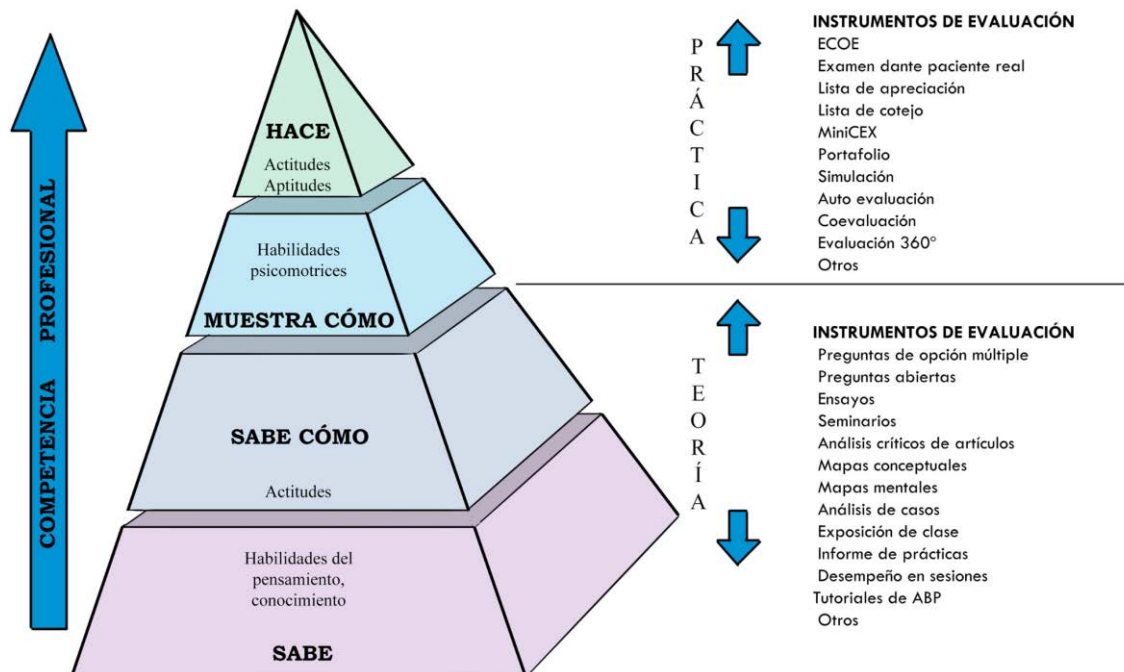


Imagen N° 10 Instrumentos de evaluación de las competencias clínicas según los distintos niveles de la pirámide de Miller. Elaborada con datos de Miller. Fuente: Bonanad, C., Bañeras, J., Merenciano, H., & González-Calle, D. (2022). Emotional impact of pioneering advanced medical simulation program for cardiology residents: beyond technical skills. REC: CardioClinics, 57(S 2), S12–S18. <https://doi.org/10.1016/j.rccl.2022.07.004>

Los principios que sustentan el uso de la simulación incluyen no solo el aprendizaje experiencial y el entrenamiento práctico, sino también el concepto de la “experiencia segura” donde el alumnado se sienta en un ambiente cómodo de aprendizaje, libre de sentimientos a equivocarse y a ser calificado de forma punitiva. McGaghie et al. (2010) destacaron que las intervenciones de simulación son más efectivas cuando incluyen retroalimentación inmediata, repetición, realismo contextual y vinculación con el aprendizaje teórico propuesto como objetivo de aprendizaje.

Además, el uso de fantasmas de bajo costo, como los desarrollados por Browne y colaboradores, democratiza el acceso a la formación ecográfica avanzada, permitiendo que instituciones con recursos limitados puedan implementar programas de alta calidad sin incurrir en gastos prohibitivos. Esto tiene implicaciones significativas para la equidad en la formación médica a nivel global.



Imagen Nº 11 En la imagen, un estudiante de medicina realiza una práctica de simulación ecográfica utilizando un fantoma mamario casero, bajo la supervisión de un tutor en un entorno de aula. Esta actividad permite desarrollar habilidades técnicas en un entorno seguro antes de interactuar con pacientes reales. Fuente: Imagen generada por inteligencia artificial mediante ChatGPT (OpenAI, 2025).

A modo de resumen, la simulación clínica, particularmente a través del uso de fantasmas antropomórficos y el método de cuatro pasos de Peyton, ha transformado la enseñanza de la ecografía mamaria, aportando un enfoque pedagógico estructurado y efectivo. La integración de estas tecnologías y metodologías en los programas de formación de residentes no solo mejora las habilidades técnicas y cognitivas de los aprendices, sino que también promueve una cultura de seguridad y excelencia en la atención médica. Ante la creciente demanda de competencia en ecografía, resulta imperativo que las instituciones educativas adopten estrategias de simulación basadas en la evidencia para optimizar la preparación de futuros profesionales de la salud.

1.10 Gamificación y redes sociales como aula expandida

La revolución digital ha transformado de manera irreversible el escenario educativo en medicina. Dentro de las múltiples estrategias emergentes, la gamificación se ha consolidado como una herramienta eficaz para reforzar el aprendizaje, aprovechando

los principios motivacionales descritos en la teoría de la autodeterminación. Esta teoría, planteada por Deci y Ryan (1985), sostiene que la motivación intrínseca —la necesidad de competencia, autonomía y conexión social— es fundamental para promover el aprendizaje sostenible y significativo. En este contexto, la gamificación y el uso de plataformas digitales como Instagram® han demostrado ser particularmente efectivos en mejorar el compromiso y el rendimiento académico de los estudiantes de medicina.

La teoría de la autodeterminación sostiene que, cuando se satisfacen las necesidades de competencia, autonomía y relación social, los individuos muestran un mayor entusiasmo por aprender y desarrollan estrategias de estudio más efectivas. En la educación médica, la gamificación responde directamente a estas necesidades: proporciona desafíos adecuados al nivel de competencia del estudiante, fomenta su autonomía al ofrecer espacios de práctica auto-dirigida, y fortalece las relaciones sociales mediante dinámicas de colaboración y competencia amistosa.

Escamilla-Sánchez et al. (2025) llevaron a cabo un innovador estudio en la Universidad de Málaga, donde implementaron el uso de Instagram® como herramienta de apoyo en la enseñanza de histología. Crearon una cuenta privada donde publicaron actividades gamificadas, incluyendo cuestionarios de opción múltiple basados en imágenes, descripciones histológicas y esquemas didácticos. Los resultados fueron contundentes: el 85,6% de los estudiantes inscritos participaron voluntariamente, y aquellos que interactuaron activamente mostraron una mejora estadísticamente significativa en sus calificaciones finales ($P < .001$). Además, el estudio encontró una correlación positiva entre el nivel de participación en la plataforma y las calificaciones obtenidas, lo que respalda el papel crucial de la motivación en el éxito académico.

La gamificación en este contexto no se limitó a añadir elementos lúdicos al proceso de aprendizaje, sino que promovió una interacción continua y significativa con el contenido. Actividades como "hazlo tú mismo", donde los estudiantes subían imágenes de sus prácticas de laboratorio acompañadas de preguntas para sus compañeros, potenciaron el sentido de comunidad y la responsabilidad compartida en el proceso de aprendizaje. Asimismo, los esquemas didácticos solicitados por los propios estudiantes fomentaron la autonomía y el control sobre su propio proceso educativo, dos componentes centrales de la motivación intrínseca según Deci y Ryan (1985).

Por su parte, Azcona Sáenz et al. (2021) analizaron el impacto de **Instagram®** en la enseñanza de radiología, concluyendo que esta plataforma es ideal para disciplinas basadas en imágenes, como la radiología y la histología. En su revisión, destacaron cómo cuentas especializadas logran no solo compartir conocimientos, sino también humanizar la figura del médico y promover el aprendizaje colaborativo a través de la interacción constante en redes sociales. Estas experiencias demuestran que, al utilizar plataformas nativas digitales frecuentadas por los estudiantes, se facilita la integración del aprendizaje en sus rutinas cotidianas, aumentando la frecuencia y calidad del contacto con el contenido académico.

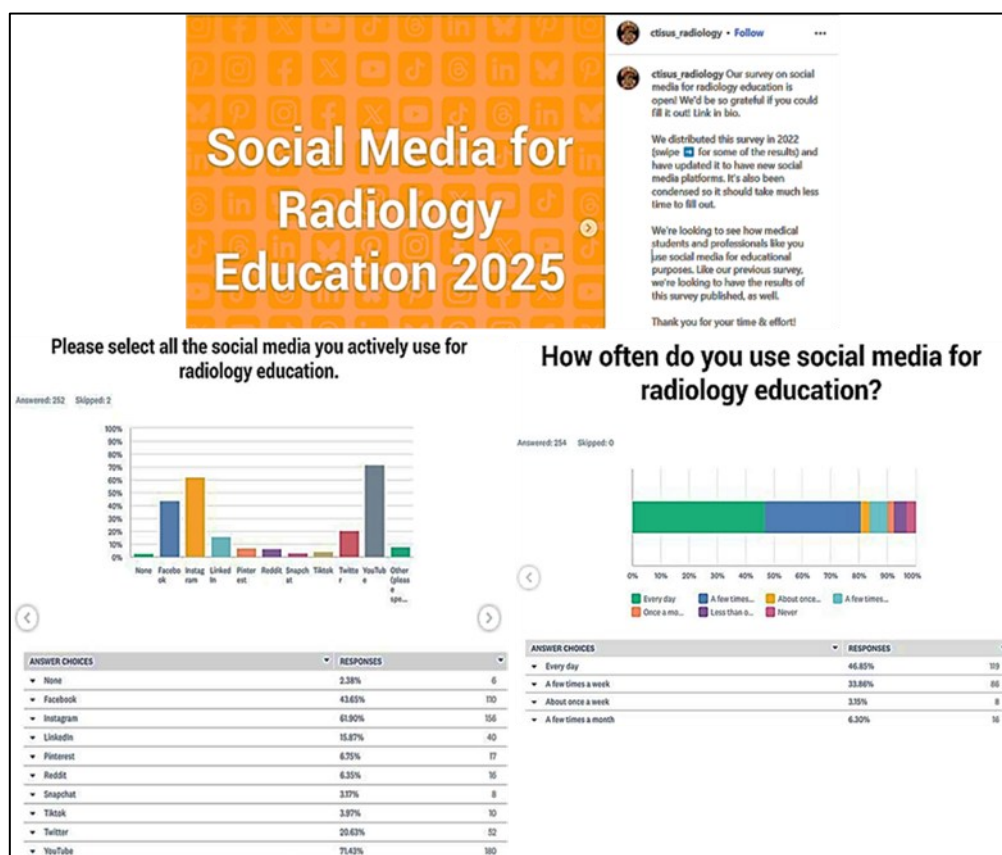


Imagen N° 12 Representa la encuesta de 2022 realizada por @ctisus_radiology. La encuesta evalúa las principales plataformas de redes sociales y la frecuencia con la que los usuarios se involucran para adquirir conocimientos en radiología. Doscientos cincuenta y cuatro individuos respondieron (27). Fuente: Fishman Elliot, K. (s. f.). Redes sociales para la educación en radiología 2025. Instagram. <https://www.instagram.com/p/DHBKV-jMbS7/>

El 10 de marzo de 2025, @ctisus_radiology, una cuenta de Instagram® destacada en la especialización en radiología, publicó una publicación (Figura N°10). Anteriormente, preguntaron a los usuarios sobre la frecuencia con la que utilizaban las redes sociales para la educación en radiología. La encuesta de 2022 donde respondieron 254

participantes mostró que la plataforma predominante fue YouTube®, con alrededor del 72%, bien reconocida a nivel mundial, mientras que la segunda posición la ocupó Instagram®, con alrededor del 62%. Preguntaron sobre la frecuencia de uso de la educación en radiología, y el 46% de los usuarios respondió a diario, mientras que el 33% lo escribió varias veces por semana. Esto ilustra la creciente importancia de las redes sociales para involucrar a la cohorte de estudiantes de medicina más jóvenes, que al mismo tiempo ofrecen posibilidades alternativas para la educación radiológica utilizando esta herramienta digital.

El aprendizaje digital y la gamificación presentan múltiples beneficios en la educación médica contemporánea. Entre ellos, destacan el aumento en la motivación y el compromiso del estudiante, la mejora de las habilidades de autorregulación, la posibilidad de personalizar la experiencia de aprendizaje y la promoción de un enfoque activo y participativo. Escamilla-Sánchez et al. (2025) señalaron que el 96,7% de los estudiantes se sintieron apoyados por el profesorado durante la experiencia, destacando la importancia de la retroalimentación inmediata y personalizada para consolidar el aprendizaje

Otro beneficio clave es la accesibilidad. La posibilidad de acceder a actividades educativas en cualquier momento y lugar, a través de dispositivos móviles, elimina barreras logísticas y amplía las oportunidades de estudio, como subraya también la experiencia de Azcona Sáenz et al. (2021). Esta flexibilidad es crucial para estudiantes de medicina, quienes frecuentemente deben gestionar cargas académicas muy exigentes.

No obstante, también se han identificado retos en la implementación de estrategias de gamificación y aprendizaje digital. Uno de los principales desafíos es asegurar la calidad y fiabilidad del contenido compartido en redes sociales. Tanto Escamilla-Sánchez et al. (2025) como Azcona Sáenz et al. (2021) coincidieron en que es fundamental que el contenido esté supervisado por profesionales académicos para evitar la diseminación de información incorrecta. Además, el uso excesivo de dinámicas competitivas puede generar ansiedad en algunos estudiantes, por lo que es esencial equilibrar los

componentes de juego con un enfoque centrado en la cooperación y el desarrollo individual.

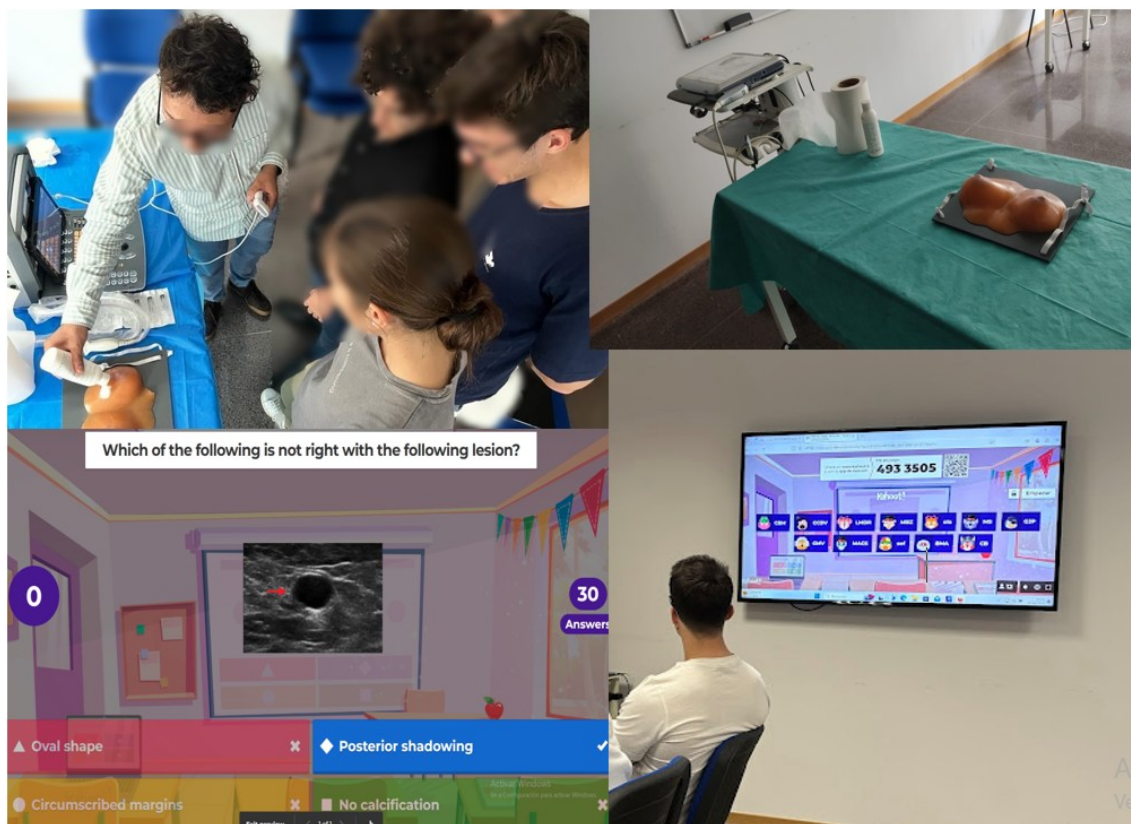


Imagen Nº 13 Imagen propia, compuesta de 4 fotografía tomadas durante la prueba piloto aplicando la evaluación con modalidad Kahoot! Antes y después del taller práctico con fantasmas mamarios y ecógrafos reales. Fotografía tomada por autor durante el estudio.

La educación médica enfrenta el reto constante de adaptarse a las nuevas generaciones de estudiantes, quienes demandan metodologías activas, digitales y centradas en su participación. La gamificación ha surgido como una estrategia poderosa en este contexto, definida como la integración de elementos y mecánicas de juego en escenarios no lúdicos, con el fin de aumentar la motivación, el compromiso y el rendimiento académico de los estudiantes (Pimienta, 2023).

Entre las diversas herramientas utilizadas para gamificar el aprendizaje en medicina, Kahoot!® se destaca por su accesibilidad, facilidad de uso y efectividad. Kahoot!® es una plataforma digital que permite crear cuestionarios interactivos en forma de juegos competitivos, donde los estudiantes responden en tiempo real desde sus dispositivos móviles. Como señala Pimienta (2020), el éxito de plataformas como Kahoot!® radica en su capacidad para activar principios conductistas, como el refuerzo positivo inmediato,

además de permitir la comparación entre pares y fortalecer la conectividad social en el aula.

La experiencia de implementar Kahoot!® en educación médica ha sido documentada en diversos estudios. En particular, Kahoot!® ha demostrado su utilidad tanto en asignaturas básicas como anatomía e histología, como en áreas clínicas más avanzadas. Ismail et al. (2019), evidenciaron que el uso de Kahoot!® favorece la participación activa de los estudiantes, mejora la retroalimentación inmediata y, en muchos casos, incrementa el rendimiento académico en evaluaciones posteriores.

Desde la perspectiva pedagógica, el uso de Kahoot!® y otras estrategias de gamificación se fundamenta en la teoría de la autodeterminación de Deci y Ryan (1985), que resalta la importancia de satisfacer las necesidades de competencia, autonomía y conexión social para potenciar la motivación intrínseca. La estructura de Kahoot!®, que ofrece desafíos claros, recompensas inmediatas (puntajes, tablas de clasificación) y una atmósfera divertida y colaborativa, responde eficazmente a estos principios.

Aunque Kahoot!® y la interacción con contenido curado de redes sociales como modelo de impartición de clases, son estrategias diferentes en complejidad y logística, comparten elementos esenciales: desafíos adaptados a los contenidos, retroalimentación inmediata y un enfoque en la participación activa. Ambos métodos demuestran que, cuando la gamificación se planifica cuidadosamente, puede transformar la educación médica tradicional en una experiencia dinámica, atractiva y eficaz.

La evidencia actual, proveniente de estudios como los de Escamilla-Sánchez et al. (2025) y Azcona Sáenz et al. (2021), respalda la integración de estrategias de gamificación y aprendizaje digital en la formación médica. Estas metodologías no sólo mejoran el desempeño académico, sino que también preparan a los futuros profesionales para desenvolverse en un entorno clínico cada vez más digitalizado e interconectado.

En conclusión, la gamificación y el aprendizaje digital representan no solo herramientas de moda, sino verdaderos motores de transformación pedagógica en la educación médica. Basadas en principios sólidos de la teoría de la autodeterminación y del aprendizaje experiencial, estas estrategias permiten desarrollar competencias

académicas y profesionales de manera más eficiente, atractiva y sostenible. Frente a un mundo cada vez más dinámico, la incorporación de estas metodologías no es opcional, sino una necesidad imperativa para formar médicos competentes, autónomos y comprometidos con su propio aprendizaje y con la sociedad.

1.11 Modelos de aprendizaje híbrido (blended learning)

El aprendizaje híbrido—blended learning—se concibe como la articulación intencional de interacciones presenciales y actividades digitales asincrónicas o sincrónicas, estructuradas de tal forma que cada entorno complementa al otro para optimizar la experiencia pedagógica. Graham, Henrie y Gibbons (2013) precisan que la esencia del modelo yace en la «interdependencia diseñada»: el progreso en línea proporciona datos que retroalimentan la clase presencial y, recíprocamente, el diálogo cara a cara orienta las exploraciones digitales.

La educación médica ha evolucionado considerablemente en las últimas décadas, impulsada por el avance de las tecnologías digitales y la necesidad de métodos de enseñanza más activos y participativos. En este contexto, el modelo de educación híbrida o blended learning —que combina el aprendizaje presencial con actividades en línea— ha ganado una amplia aceptación. Este enfoque no solo facilita la adquisición de conocimientos teóricos, sino que también promueve habilidades prácticas fundamentales para el desarrollo clínico de los futuros profesionales de la salud. La eficacia de las clases híbridas en medicina ha sido ampliamente documentada. Mishall et al. (2025) describen el aula invertida como una estrategia de blended learning que optimiza el uso del tiempo en clase, dedicándolo a actividades interactivas basadas en niveles superiores de la taxonomía de Bloom, mientras que la adquisición de conocimientos básicos se realiza de manera autónoma fuera del aula. Este diseño pedagógico ha demostrado no solo mejorar la comprensión conceptual, sino también fomentar el pensamiento crítico y el aprendizaje profundo en los estudiantes de medicina. Una revisión sistemática realizada por Pangandaman et al. (2024) analizó el impacto de las estrategias de aula invertida en el desarrollo de habilidades clínicas entre estudiantes de enfermería. Los resultados indicaron que este enfoque mejoró significativamente competencias esenciales como la reanimación cardiopulmonar, la cateterización urinaria y la administración segura de medicamentos. Aunque el estudio

se centró en enfermería, sus hallazgos son altamente aplicables a la educación médica en general, donde la combinación de aprendizaje teórico autónomo y práctica supervisada es clave para el desarrollo profesional. En términos de autopercepción, los estudiantes tienden a valorar positivamente las experiencias de educación híbrida. Mishall et al. (2025) destacan que las percepciones estudiantiles hacia el aula invertida son generalmente favorables, asociándose con una mayor sensación de autonomía, competencia y conexión social. Esta autopercepción positiva es crucial, ya que, de acuerdo con la teoría de la autodeterminación de Deci y Ryan (1985), la satisfacción de estas necesidades psicológicas básicas es un motor esencial de la motivación intrínseca y el aprendizaje efectivo. La evidencia de meta-análisis también respalda la superioridad del modelo híbrido en comparación con métodos tradicionales. Shao y Liu (2021) realizaron un meta-análisis de 63 estudios experimentales y concluyeron que el aula invertida mejora de manera significativa el rendimiento académico de los estudiantes, con un efecto moderado a grande. Aunque reconocieron una cierta heterogeneidad en los resultados debido a las diferencias en la implementación, su análisis refuerza la idea de que el aprendizaje híbrido optimiza el desempeño estudiantil en diversas disciplinas, incluida la medicina. Entre las principales ventajas del blended learning en medicina destacan la flexibilidad, la personalización del aprendizaje y el fomento de habilidades de autorregulación. Los estudiantes pueden acceder a los contenidos teóricos a su propio ritmo, permitiendo una mayor profundización en los temas más complejos antes de la sesión presencial. Además, el tiempo en el aula se aprovecha para aplicar los conocimientos en casos clínicos, discusiones grupales y simulaciones prácticas, enriqueciendo así la experiencia de aprendizaje. Otra ventaja significativa es el aumento de la motivación y el compromiso estudiantil. Al implicar activamente a los alumnos en su proceso de formación, la educación híbrida transforma a los estudiantes en protagonistas de su propio aprendizaje, en contraposición al modelo pasivo de la clase magistral tradicional. Esta transición hacia un aprendizaje activo resulta en una mejor retención de conocimientos y en el desarrollo de competencias transversales como la resolución de problemas, el trabajo en equipo y la comunicación efectiva. Sin embargo, para maximizar los beneficios de la educación híbrida, es esencial diseñar cuidadosamente tanto las actividades en línea como las presenciales. Mishall et al. (2025) recomiendan que los contenidos digitales sean de alta calidad, concisos y

estructurados de acuerdo con principios de diseño instruccional, mientras que las actividades presenciales deben enfocarse en tareas de aplicación, análisis y evaluación. En conclusión, la educación tipo “blended learning” ha demostrado ser una estrategia pedagógica eficaz en la formación médica, mejorando tanto el rendimiento académico como la autopercepción de los estudiantes. Su éxito radica en ofrecer un equilibrio entre autonomía y supervisión, flexibilidad y estructura, teoría y práctica. De cara al futuro, la implementación de modelos híbridos de enseñanza no solo representa una adaptación a las nuevas tecnologías, sino una oportunidad para transformar profundamente la educación médica hacia un enfoque más activo, inclusivo y centrado en el estudiante.

Capítulo II. Hipótesis y Objetivos

«Teaching is not about transferring information; it's about transforming understanding.

Enseñar no es transferir información, es transformar la comprensión.»

Eric Mazur.

Físico, educador de Universidad de Harvard.

Innovador de la enseñanza “Peer Instruction”.

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo General

Evaluar la validez de una propuesta educativa innovadora en el contexto de un curso de modalidad blended learning, diseñado para la enseñanza de ecografía mamaria en estudiantes de tercer año de medicina con conocimientos básicos en radiología. Esta propuesta combina dos fases complementarias: una fase digital previa, orientada a la adquisición de conocimientos teóricos mediante la interacción y visualización de contenido curado y revisado, proveniente de la plataforma Instagram®, y una segunda fase práctica presencial, basada en talleres hands-on con simulación. En esta última, los estudiantes trabajan con fantomas y ecógrafos reales, los cuales simulan patologías comunes evaluadas en ecografía mamaria.

El objetivo es determinar si el grupo experimental, expuesto a esta metodología de aprendizaje, muestra un beneficio significativo en comparación con el grupo control, evaluando tanto los resultados cognitivos de aprendizaje como las competencias en ecografía autopercebidas. Este análisis busca aportar evidencia sobre la efectividad de estrategias educativas innovadoras que integren herramientas digitales y prácticas de simulación en ecografía en la formación médica.

2.1.2 Objetivos Secundarios:

1. Determinar si la metodología blended mejora significativamente el rendimiento cognitivo de los estudiantes del grupo experimental en comparación con el grupo control, utilizando un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar las diferencias en los resultados del pre-test y post-test.
2. Determinar el impacto de la fase de simulación hands-on en la precisión diagnóstica de hallazgos benignos y malignos en ecografía mamaria, comparada con el método tradicional.
3. Evaluar el grado de satisfacción estudiantil y la intención de recomendación del modelo blended, relacionándolos con la utilidad percibida y el realismo de la simulación.

2.2 Justificación

La enseñanza de la ecografía mamaria en estudiantes de medicina afronta desafíos significativos debido a la complejidad técnica de esta disciplina y la necesidad de desarrollar competencias prácticas y teóricas de manera simultánea. Este estudio se justifica por su enfoque innovador, que combina herramientas digitales y simulación práctica en un modelo de aprendizaje híbrido (blended learning), diseñado específicamente para abordar estas necesidades. La ecografía mamaria es una herramienta diagnóstica esencial en la detección temprana de patologías mamarias, como el cáncer de mama, una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en mujeres a nivel mundial. Su enseñanza requiere que los estudiantes desarrollen habilidades prácticas avanzadas, como la identificación de lesiones sospechosas y benignas, competencias que no siempre se logran con métodos tradicionales de enseñanza (Oliveira, F. et al., 2025).

El modelo de aprendizaje híbrido ha demostrado ser una estrategia efectiva para combinar lo mejor de los entornos digitales y presenciales. Según investigaciones recientes, esta modalidad fomenta el aprendizaje activo, mejora la retención del

conocimiento y permite una mayor flexibilidad en el proceso educativo (Herrero-Villarreal, D. et al., 2023). En este contexto, la fase digital previa, basada en contenido curado y revisado en Instagram®, proporciona a los estudiantes acceso a materiales educativos visuales e interactivos, diseñados para reforzar los conceptos teóricos de la ecografía mamaria. Esta fase se complementa con talleres prácticos presenciales, donde los estudiantes aplican los conocimientos adquiridos utilizando fantomas y ecógrafos reales. La combinación de estas dos fases permite un aprendizaje más profundo y significativo, alineado con las necesidades de la educación médica contemporánea.

Las redes sociales, como Instagram®, han emergido como herramientas educativas innovadoras debido a su capacidad para presentar contenido visual de manera accesible y dinámica. Estudios recientes han demostrado que estas plataformas pueden mejorar la motivación, la participación y la retención del conocimiento en estudiantes de medicina. Por ejemplo, investigaciones han evidenciado que el uso de Instagram® en la enseñanza médica permite compartir casos clínicos, encuestas y cuestionarios interactivos, lo que fomenta la participación de los estudiantes y mejora su comprensión de conceptos anatómicos y patológicos (Kauffman et al., 2024). Además, la curación previa del contenido asegura que los materiales sean relevantes, precisos y alineados con los objetivos de aprendizaje, maximizando así su impacto educativo.

La simulación clínica, por su parte, es una metodología pedagógica ampliamente reconocida por su capacidad para desarrollar habilidades prácticas en un entorno seguro y controlado. En el caso de la ecografía mamaria, el uso de fantomas y ecógrafos reales permite a los estudiantes practicar procedimientos técnicos, como la identificación de lesiones y la realización de biopsias guiadas por ecografía, sin poner en riesgo a pacientes reales. Además, la integración del Método de Cuatro Pasos de Peyton en los talleres prácticos asegura una enseñanza estructurada y efectiva, que facilita la transición del aprendizaje teórico a la práctica clínica. Estudios previos han demostrado que los estudiantes que participan en simulaciones clínicas obtienen mejores resultados en evaluaciones prácticas y reportan altos niveles de satisfacción con el proceso educativo (Aparicio, J. G., 2015).

Este estudio no solo busca evaluar el impacto de la propuesta educativa en el rendimiento cognitivo de los estudiantes, sino también en su autopercepción de

competencias en ecografía mamaria. La medición de estas variables mediante instrumentos validados, como pre-test, post-test y encuestas de satisfacción, permitirá obtener una visión integral de la efectividad del modelo educativo. Además, la evaluación de la aprobación y satisfacción de los estudiantes con esta metodología proporcionará información valiosa para futuras implementaciones y mejoras.

La educación médica está en constante evolución, impulsada por los avances tecnológicos y las demandas de un entorno clínico cada vez más complejo. Este estudio aporta evidencia sobre la efectividad de estrategias educativas innovadoras que integran herramientas digitales y simulación práctica, contribuyendo al desarrollo de modelos pedagógicos más efectivos y adaptados a las necesidades de los estudiantes de medicina. Además, los hallazgos de esta investigación pueden servir como base para futuras iniciativas en la enseñanza de otras disciplinas médicas que requieran la combinación de conocimientos teóricos y habilidades prácticas.

Está claro que este enfoque innovador, que combina herramientas digitales y simulación práctica en un modelo de aprendizaje híbrido diseñado para la enseñanza de ecografía mamaria. Al evaluar la efectividad de esta metodología, se busca no solo mejorar la formación de los estudiantes de medicina, sino también contribuir al desarrollo de estrategias educativas más efectivas y adaptadas a las necesidades del siglo XXI. La validación de este modelo tiene el potencial de transformar la enseñanza de la radiología y otras disciplinas médicas, promoviendo un aprendizaje más profundo, significativo y alineado con las demandas de la práctica clínica moderna.

2.3 Hipótesis

La implementación de una metodología blended learning, que combina una fase digital previa con contenido curado en Instagram® y talleres prácticos con simulación, mejora significativamente el rendimiento cognitivo, la percepción de competencias prácticas y la satisfacción de los estudiantes en comparación con los métodos tradicionales de enseñanza (clases tradicional de PowerPoint unidireccionales Profesor->alumnado). Además, la progresión del aprendizaje durante la fase digital es un predictor significativo del rendimiento final, y la satisfacción con la metodología está asociada positivamente con la autopercepción de habilidades prácticas en ecografía mamaria.

Esta hipótesis se fundamenta en la premisa de que el aprendizaje híbrido, al integrar herramientas digitales y prácticas simuladas, fomenta un aprendizaje más profundo y significativo. En primer lugar, se espera que los estudiantes del grupo experimental, expuestos a esta metodología, muestren un rendimiento cognitivo superior al del grupo control, como resultado de la combinación de recursos visuales interactivos y actividades prácticas estructuradas. Este impacto será evaluado mediante un análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas, que permitirá identificar diferencias significativas entre los resultados del pre-test y post-test en ambos grupos, complementado con el cálculo del tamaño del efecto (Cohen's d) para determinar la magnitud de las diferencias observadas.

Finalmente, se espera que la satisfacción de los estudiantes con la metodología híbrida sea alta, así como los niveles de aprendizaje y autopercepción de competencias prácticas en ecografía mamaria. Este análisis se realizará mediante un modelo de regresión lineal simple, donde la puntuación de conocimientos teóricos será variable independiente y la percepción de competencias prácticas será la variable dependiente. La significancia del modelo será evaluada mediante el estadístico F, y se calculará el tamaño del efecto para interpretar la relevancia práctica de los resultados.

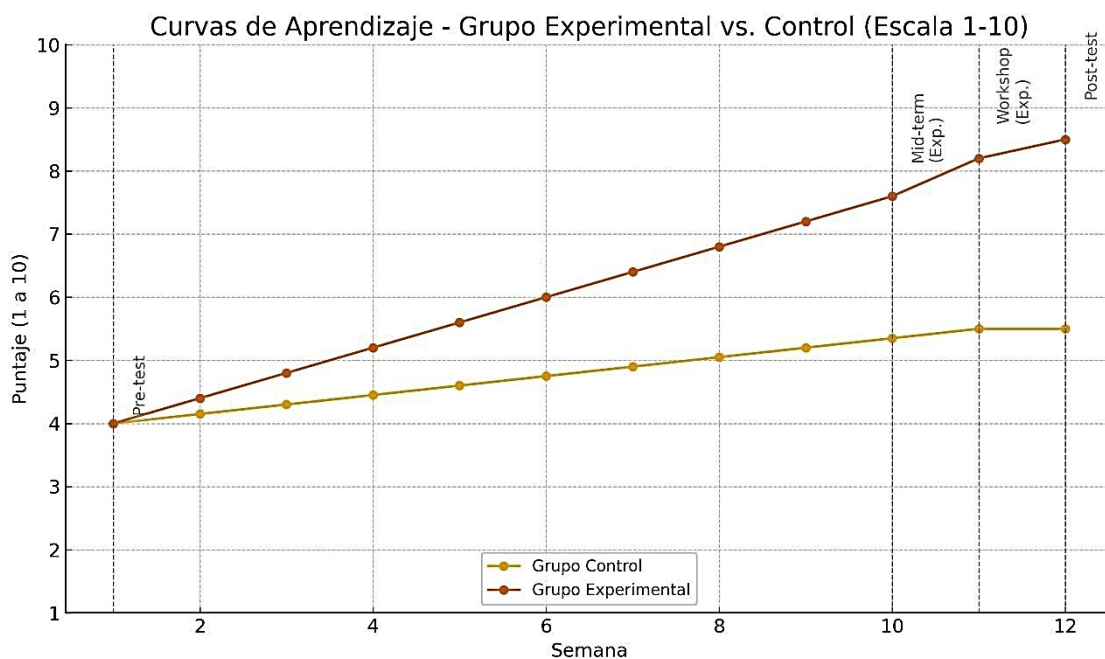


Imagen Nº 14 Este gráfico de proyección hipotética de aprendizaje ilustra lo esperado tras las 12 semanas del proyecto.

La imagen 12 ilustra el progreso de aprendizaje hipotético para ambos grupos del estudio:

1. El Grupo Control muestra una curva de aprendizaje gradual, reflejando solo el impacto de la formación tradicional.
2. El Grupo Experimental presenta un ascenso más marcado, especialmente tras la fase digital (semanas 2–10), el mid-term (semana 10) y el workshop hands-on (semana 11), culminando en un mayor rendimiento en la semana 12.

Capítulo III. Metodología

«Principles are as important as facts. If you master the principles, you can make up the facts.»

«Los principios son tan importantes como los hechos; si dominas los principios, podrás deducir los hechos.»

Dr. Benjamin Felson (1913-1988), radiólogo pionero y gran educador de la radiología torácica

3.1 Alcance y duración

La duración del proyecto fue de tres meses. Esta iniciativa de investigación se enmarca en la colaboración con la dinámica educativa de la Escuela de Medicina, en el contexto de la formación en radiología de estudiantes de tercer año, con un enfoque especial en la educación básica en ecografía mamaria. Por lo tanto, se diseñó un curso (online y presencial) que permitió a los estudiantes seguirlo en paralelo con sus actividades curriculares.

Tabla 1 Planificación del proyecto

Fases	Enero-Febrero /2023	Marzo-Mayo/2023	Junio/2023 - Febrero/2024	Marzo/2024	Abril/2024	Mayo/2024	Junio/2024-marzo 2025
Investigación. Solicitud de Aval de comité de ética							
Estudio piloto. Validación de preguntas y fases evaluativas del estudio.							
Curación del contenido de redes sociales y formato curso							
Construcción de la interfaz digital - Kahoot Curso.							
Fase de reclutamiento de voluntarios por redes sociales y clases.							
Instrucción de estudio fase. Prueba diagnóstica (pre-test)				PRUEBA DE DIAGNÓSTICO.			
Experimental: Exposición en redes sociales. Control: Tradicional				PRUEBA DE EVALUACIÓN FASE DIGITAL			
Jornada de taller de formación en simulación							
Fase de evaluación final							
Resultados Fase de Interpretación							
Análisis estadístico							

El aprendizaje en línea representa un suplemento pedagógico que facilita el pensamiento crítico, creativo y complejo. Combina la libertad de interactuar en los tiempos disponibles para el estudiante con actividades en línea que promueven una comprensión integral. En este caso, enfocado en habilidades básicas de ecografía e interpretación mamaria.

3.2 Diseño del Estudio

Se llevó a cabo un estudio cuasiexperimental con diseño pretest-posttest y grupos paralelos (experimental y control), con una duración total de 12 semanas. La intervención fue diseñada para evaluar el impacto de una estrategia de enseñanza digital complementada con una fase de simulación práctica (hands-on) en el aprendizaje teórico y práctico en ecografía mamaria.

Ventajas del diseño cuasi-experimental:

- Validez ecológica: Permite estudiar variables en entornos naturales, lo que incrementa la validez externa.
- Practicidad: Es viable cuando la aleatorización no es posible o éticamente adecuada.
- Rentabilidad: Menor costo que ensayos clínicos aleatorizados.
- Potencial longitudinal: Permite seguimiento temporal de los cambios.

Limitaciones:

- Menor validez interna.
- Inferencias causales limitadas.
- Sesgo de selección.
- Posibles problemas de calidad en los datos.

3.3 Participantes

La muestra estuvo compuesta por un total de 76 estudiantes del área de la salud, divididos equitativamente en dos grupos: grupo control (n=38) y grupo experimental (n=38). La selección de los participantes se realizó mediante muestreo no probabilístico por conveniencia.

Los participantes tenían entre 20 y 26 años de edad, con una media de edad de 22.4 años. En cuanto al género, el 70% de la muestra total correspondió a mujeres. Todos los participantes firmaron un consentimiento informado previo al inicio del estudio.

3.4 Procedimiento e Intervención

Ambos grupos fueron evaluados en tres momentos clave: pretest (semana 1), posttest (semana 12) y, en el caso del grupo experimental, un examen intermedio (mid-term) en la semana 10. A continuación se detallan las actividades específicas por grupo:

Grupo Control

2. Semana 1: Aplicación de un pretest para medir conocimientos teóricos iniciales sobre ecografía mamaria.
3. Semanas 2 a 11: Continuación del plan de estudios tradicional, sin exposición a contenidos ni actividades complementarias relacionadas con la ecografía mamaria.
4. Semana 12: Aplicación del posttest, el cual evaluó los conocimientos teóricos adquiridos durante el periodo de estudio.

Grupo Experimental

3. Semana 1: Aplicación del mismo pretest teórico aplicado al grupo control.
4. Semanas 2 a 10 – Fase Digital: Los estudiantes accedieron a una serie de contenidos educativos curados publicados en una cuenta privada de Instagram®. Este contenido incluyó infografías clínicas, videos demostrativos, casos clínicos interactivos y cuestionarios de autoevaluación.
5. Semana 10 – Examen Mid-term: Se aplicó una evaluación teórica intermedia para medir el progreso cognitivo durante la fase digital.
6. Semana 11 – Fase Hands-On (Simulación Presencial): Los estudiantes asistieron a un taller práctico intensivo, realizado en laboratorio clínico, donde trabajaron directamente con fantasmas mamarios y ecógrafos reales. Durante esta fase, desarrollaron habilidades prácticas relacionadas con la identificación de estructuras anatómicas, uso correcto del transductor, manejo básico del equipo y reconocimiento de patrones ecográficos comunes.
7. Semana 12: Aplicación del posttest teórico y una encuesta de auto-percepción de competencias prácticas adquiridas.

3.5 Instrumentos de Evaluación

- Pretest/Posttest: Cuestionario teórico estructurado de opción múltiple, validado por juicio de expertos, compuesto por 20 preguntas relacionadas con los fundamentos y aplicaciones de la ecografía mamaria.
- Mid-term (solo grupo experimental): Versión adaptada del pretest, con nuevos ítems enfocados en conceptos abordados durante la fase digital.
- Encuesta de Autoevaluación (grupo experimental): Instrumento tipo Likert aplicado al finalizar la fase hands-on, con el objetivo de conocer la percepción del estudiante sobre sus competencias prácticas adquiridas.

3.6 Minimización de sesgos

Criterios de inclusión y exclusión:

Participaron 38 estudiantes de medicina de tercer año, entre 20 y 26 años (70% mujeres). El curso se ofreció como actividad voluntaria, complementaria al plan de estudios.

- Criterios de inclusión:
 - o Ser estudiante de tercer año de medicina.
 - o Haber aprobado la rotación de Radiología General (con al menos el 60%).
 - o Consentimiento informado firmado.
- Disponibilidad para participar en cuestionarios semanales, contenido en Instagram® y sesión hands-on.
- Criterios de exclusión:
 - Estudiantes de otros años o carreras.
 - No aprobar la rotación.
 - Incómodos con el contenido audiovisual.
 - Incompatibilidad con la modalidad del proyecto.

Aleatoridad

La investigación comenzó con un examen diagnóstico en línea. Se aplicó mediante Exam.net para medir conocimientos básicos de ecografía antes de cualquier intervención. El uso de esta plataforma permitió supervisión remota segura sin sesgos de presencia. Estudios recientes muestran que la vigilancia electrónica mantiene niveles de validez equivalentes a la supervisión presencial, como detallan Kaddoura et al. (2023).

Con esos puntajes se construyó la asignación aleatoria. Los estudiantes se ordenaron de menor a mayor rendimiento y luego se sortearon bloques sucesivos hacia el grupo control o el experimental. Este procedimiento garantizó que ambos grupos partieran de distribuciones de conocimiento semejantes y evitó desequilibrios iniciales.

Para fortalecer la comparabilidad se aplicó un emparejamiento adicional por edad y género. Cada grupo conservó una proporción de 70 % de mujeres y rangos etarios equivalentes. Este pareado redujo la varianza explicable por características demográficas y aumentó la potencia estadística.

Se vigiló de forma continua la tasa de respuesta. Cuando aparecieron causas de no participación se documentaron y se ofrecieron alternativas logísticas. Además, las actividades académicas se distribuyeron a lo largo de tres meses. Con ello se minimizó la sobrecarga y se evitó la fatiga de la muestra.

La participación fue estrictamente voluntaria. No se concedieron puntos extra ni compensaciones económicas. Desde la invitación se aclaró que la decisión de participar no afectaría calificaciones ni relación docente-estudiante. Este enfoque cumplió con los principios de la Declaración de Helsinki y reforzó la ética del estudio.

El reclutamiento combinó varios canales. Se difundió la convocatoria en redes sociales institucionales, se anunció en clase y se colocaron carteles en áreas comunes. La diversidad de medios amplió el alcance y disminuyó el sesgo de autoselección.

Para atender posibles problemas de endogeneidad se usó una variable instrumental: el interés declarado en Instagram®. Todos los integrantes del grupo experimental manifestaron disposición a utilizar esa red con fines educativos. La literatura ha probado

la pertinencia de Instagram® como herramienta didáctica en ciencias de la salud; un ejemplo es el trabajo de Escamilla-Sanchez et al. (2025), que evidenció mejoras significativas en histología médica al integrar esta plataforma.

Se incorporó además una variable dependiente no equivalente. Una encuesta Likert de satisfacción midió el impacto emocional y la aceptación del recurso digital. Su inclusión permitió explorar efectos colaterales más allá del rendimiento cognitivo.

Finalmente, el proceso de evaluación se mantuvo ciego. Las pruebas se calificaron de forma anónima y los correctores desconocían la asignación de cada estudiante. Este cegamiento evitó sesgos de expectativa y reforzó la validez interna del estudio.

Estrategia de Muestreo

- El estudio incluyó a 76 estudiantes de tercer año de la carrera de Medicina.
- Se aplicó la fórmula para poblaciones finitas.
- Se consideró un margen de error del 5%.
- El nivel de confianza establecido fue del 95%.
- Población total: 86 estudiantes.
- Tamaño final de la muestra: 76 estudiantes, distribuidos equitativamente en 36 participantes del grupo control y 36 del grupo experimental.

$$n = \frac{z^2(p \cdot q)}{e^2 + \frac{(z^2(p \cdot q))}{N}}$$

Validez Interna

Este estudio tuvo como objetivo evaluar el conocimiento en ecografía mamaria mediante un cuestionario piloto de opción múltiple compuesto por 20 preguntas. Se propuso medir el dominio en cuatro áreas principales del conocimiento:

- ***Fundamentos físicos básicos de la ecografía y su interpretación.***
- ***Anatomía e histología normales de la glándula mamaria.***
- ***Enfermedades benignas de la mama.***
- ***Hallazgos sospechosos en ecografía mamaria.***

Para validar el instrumento, ocho especialistas en radiología médica expertos en ecografía mamaria completaron el cuestionario en dos ocasiones distintas, con un intervalo de una a dos semanas entre cada aplicación.

A partir de sus respuestas se realizaron los siguientes análisis de validez interna:

Estrategias de Validación:

- Consistencia interna del pretest, medida mediante el coeficiente Alpha de Cronbach.
- Estabilidad temporal, evaluada a través de la correlación de Pearson entre el pretest y el post-test.
- Precisión de las mediciones, verificada mediante el Coeficiente de Correlación Intraclass (ICC).

Resultados de la Validación del Instrumento

Tabla 2 Participación de expertos y resultados en la validación de los instrumentos de evaluación.

PRETEST																								
Expert	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	Total			
E1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	15			
E2	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	16			
E3	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	14			
E4	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	15			
E5	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	16			
E6	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	14	Expert	Score Pretest	Score Posttest
E7	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	17	E1	15	16
E8	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	17	E2	16	17
																						E3	14	17
																						E4	15	19
																						E5	16	19
POSTEST																						E6	14	16
Expert	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	Total	E7	17	19
E1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	16	E8	17	19
E2	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	17			
E3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	17			
E4	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	19			
E5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	19			
E6	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	16			
E7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	19			
E8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	19			

Ocho radiólogos especialistas respondieron el mismo cuestionario en dos tiempos diferentes (intervalo de 1 a 2 semanas). Cada respuesta correcta sumó un punto, obteniéndose así una puntuación total sobre 20.

Estadísticas de Confiabilidad del Instrumento

El Alpha de Cronbach obtenido fue de 0.810, lo que indica una buena consistencia interna del instrumento. Esto sugiere que las preguntas evaluaban adecuadamente el mismo constructo subyacente.

Tabla 3 Coeficiente de Correlación Intraclase (ICC)

	Intraclass Correlation ^a	95% Confidence Interval		F Test with True Value 0			
		Lower Bound	Upper Bound	Value	df1	df2	Sig
Promedio de Medias	.810 ^b	.052	.962	5.267	7	7	.022

Se utilizó un modelo de efectos mixtos bidireccional, en el que los efectos de los evaluadores son aleatorios y los de las mediciones son fijos. El valor de ICC fue de 0.810, con un intervalo de confianza entre 0.052 y 0.962, mostrando consistencia moderada a alta en las evaluaciones entre los expertos.

Tabla 4 Correlación de Pearson

	Total (Pre)
Total (Post) Pearson Correlation	.689
P-value	.05
N	8

Se encontró una correlación moderada a fuerte entre los resultados del pretest y el post-test ($r = 0.689$, $p = 0.05$), lo que sugiere que aquellos participantes que tuvieron un buen desempeño inicial tendieron a mantenerlo en la segunda medición.

Resumen del Proceso de Validación del Instrumento

Tabla 5 Validación del Instrumento

Aspecto Evaluado	Método de Análisis	Resultado	Interpretación
Consistencia interna	Alpha de Cronbach	0.810	Buena consistencia interna
Estabilidad temporal	Correlación de Pearson (Pre vs Post)	0.689 ($p=0.05$)	Asociación positiva moderada-fuerte
Precisión de mediciones	Coeficiente de Correlación Intraclase (ICC)	0.810 ($p=0.022$)	Moderada-alta confiabilidad entre evaluadores

El cuestionario evaluó conocimientos en cuatro áreas principales: física básica de ecografía, anatomía e histología mamaria normal, enfermedades benignas de la mama y hallazgos sospechosos en ecografía. Así como la autopercepción del aprendizaje de habilidades en ecografía mamaria.

3.7 Análisis de datos

Se utilizó SPSS v29 para los análisis estadísticos:

En el presente estudio se aplicaron diversas técnicas estadísticas para evaluar el impacto de una intervención basada en dos etapas una digital de e-learning con gamificación y conceptos sustraídos de Instagram® y una práctica presencial basada en simulación con ecografía y fantasmas mamarios sobre el aprendizaje teórico en cuatro áreas de conocimiento sobre ecografía mamaria básica.

Se emplearon pruebas multivariantes para comprobar globalmente la interacción entre tiempo y grupo, evaluaciones de esfericidad para garantizar la validez de los grados de libertad intra-sujetos, ANOVA de medidas repetidas para detectar cambios PRE-POST, correcciones de Greenhouse-Geisser y Huynh-Feldt ante posibles violaciones de esfericidad, análisis de contrastes lineales para explorar patrones de tendencia, comparaciones múltiples por pares para identificar diferencias específicas, pruebas univariadas inter-sujetos para confirmar la equivalencia basal de los grupos, estimación de medias marginales ajustadas y cálculo del tamaño de efecto parcial (η^2p) para cuantificar la magnitud de los hallazgos.

Análisis Estadístico Multivariado

El análisis multivariado de la varianza mediante pruebas como la Traza de Pillai, el Lambda de Wilks, la Traza de Hotelling y la Raíz Mayor de Roy permite evaluar simultáneamente el efecto de múltiples factores sobre un conjunto de variables dependientes. Estas pruebas se basan en el análisis de los autovalores derivados de las matrices de suma de cuadrados y productos cruzados, proporcionando estimaciones robustas de la proporción de varianza explicada (Tabachnick, Fidell, & Ullman, 2021). Su resistencia ante violaciones moderadas de la normalidad multivariada y la homogeneidad de las covarianzas las hace especialmente útiles en muestras pequeñas y diseños de investigación complejos.

Prueba de Esfericidad de Mauchly

La **prueba de esfericidad de Mauchly** es una prueba estadística utilizada en el análisis de varianza (ANOVA) para verificar la asunción de **esfericidad** en modelos de medidas repetidas, la cual establece que las varianzas de las diferencias entre todas las combinaciones posibles de condiciones son iguales. Si esta asunción no se cumple, los resultados del ANOVA pueden ser incorrectos, aumentando el riesgo de cometer errores tipo I. La hipótesis nula de la prueba establece que la esfericidad se cumple, mientras que la alternativa sugiere que no se cumple. Si el valor p obtenido es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula, indicando que la esfericidad no es válida, lo que requiere aplicar correcciones como la de **Greenhouse-Geisser** o **Huynh-Feldt** para ajustar los grados de libertad del test F y evitar errores en la interpretación de los resultados.

Correcciones de Esfericidad: Greenhouse-Geisser y Huynh-Feldt

Cuando la esfericidad es violada, se aplican correcciones como Greenhouse-Geisser o Huynh-Feldt para ajustar los grados de libertad del estadístico F. Greenhouse-Geisser es más conservadora y se utiliza cuando el factor ϵ estimado es bajo (< 0.75), mientras que Huynh-Feldt es menos restrictiva cuando ϵ es elevado (> 0.75) (Girden, 2020). Estas correcciones permiten controlar el riesgo de error Tipo I en los contrastes intra-sujetos.

Medias Marginales Estimadas

Las medias marginales estimadas, o medias ajustadas (least squares means), son promedios ponderados calculados a partir del modelo lineal general. Estas medias ajustan los efectos de covariables o desequilibrios entre los grupos, ofreciendo una comparación más precisa entre niveles del factor principal (West, Welch, & Galecki, 2015).

Tamaño del Efecto Parcial (η^2p)

El tamaño del efecto parcial (η^2p) es una medida estadística que cuantifica la proporción de varianza explicada por un efecto particular de interés, en relación con la varianza total que no está explicada (es decir, la varianza residual), dentro del contexto de un modelo ANOVA o ANCOVA. Matemáticamente, se calcula mediante la fórmula:

$$\eta^2p = SS_{\text{efecto}} / (SS_{\text{efecto}} + SS_{\text{error}})$$

Donde representa la suma de cuadrados del efecto y corresponde a la suma de cuadrados del error (Lakens, 2013).

El valor de η^2p proporciona una estimación de cuán relevante es el efecto de un factor específico en comparación con la variabilidad residual. De esta manera, no solo informa sobre la existencia de un efecto significativo, sino también sobre su magnitud práctica, lo cual es fundamental en la investigación aplicada en ciencias de la salud.

Según los criterios clásicos propuestos por Cohen (1988), los valores de η^2p se interpretan de la siguiente manera:

1. $\eta^2p < 0.01$: efecto despreciable
2. $0.01 \leq \eta^2p < 0.06$: efecto pequeño
3. $0.06 \leq \eta^2p < 0.14$: efecto mediano
4. $\eta^2p \geq 0.14$: efecto grande

Esta categorización ayuda a contextualizar la relevancia de los hallazgos más allá de la significancia estadística. La inclusión y análisis del tamaño del efecto en investigaciones educativas y clínicas es recomendada por organismos científicos internacionales, ya que permite una interpretación más completa de los resultados y contribuye a su replicabilidad.

3.8 Variables

En la siguiente tabla se detallan las variables tomadas en consideración para este estudio:

Tabla 6 Desarrollo de las variables utilizadas en el presente estudio.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	TIPO	INDICADOR EMPÍRICO	ESCALA
<i>Conocimiento de histología y anatomía mamaria normal</i>	Dominio teórico-anatómico y microanatómico de la mama aplicado a la ecografía	Cognoscitiva	Cuantitativa continua	Puntuación del examen de 10 ítems (pre-post)	Intervalo 0-10
<i>Conocimiento de los principios físicos de la ecografía</i>	Comprensión de propagación ultrasónica, artefactos y parámetros del equipo	Cognoscitiva	Cuantitativa continua	Puntuación del examen específico (pre-post)	Intervalo 0-10
<i>Conocimiento de la anatomía ecográfica normal</i>	Reconocimiento de capas cutáneas, grasa, parénquima y planos retromamarios en pantalla	Cognoscitiva-visual	Cuantitativa continua	Puntuación de examen de identificación de imágenes (pre-post)	Intervalo 0-10
<i>Conocimiento sobre identificación de hallazgos benignos y sospechosos</i>	Detección de patrones ecográficos propios de lesiones benignas y malignas	Cognoscitiva-diagnóstica	Cuantitativa continua	Puntuación de casos clínicos (pre-post)	Intervalo 0-10
<i>Autopercepción: identificación de artefactos físicos y ecogenicidad</i>	Juicio subjetivo sobre la aptitud para reconocer artefactos y su significado	Afectivo-metacognitivo	Cuantitativa ordinal	Ítem Likert "Me siento capaz de identificar artefactos..."	Likert 1-5
<i>Autopercepción: manejo adecuado del ecógrafo</i>	Autoevaluación de la competencia para ajustar	Afectivo-procedimental	Cuantitativa ordinal	Ítem Likert "Comprendo el manejo del ecógrafo..."	Likert 1-5

	ganancia, profundidad y sonda				
<i>Autopercepción: identificación de anatomía e histología normales</i>	Confianza declarada para reconocer estructuras normales en tiempo real	Afectivo-diagnóstica	Cuantitativa ordinal	Ítem Likert correspondiente	Likert 1–5
<i>Autopercepción: identificación de hallazgos benignos</i>	Valoración subjetiva de la capacidad para catalogar lesiones benignas	Afectivo-diagnóstica	Cuantitativa ordinal	Ítem Likert correspondiente	Likert 1–5
<i>Autopercepción: identificación de hallazgos malignos</i>	Percepción de la habilidad para detectar signos ecográficos de malignidad	Afectivo-diagnóstica	Cuantitativa ordinal	Ítem Likert correspondiente	Likert 1–5
<i>Satisfacción digital: Fase digital Instagram® y Kahoot!®</i>	Grado en que los posts/reels facilitaron la resolución de Kahoot!®	Satisfacción	Cuantitativa ordinal	Ítem Likert “en torno al formato presentado y utilidad del contenido digital”	Likert 1–5
<i>Satisfacción práctica: Taller de simulación con fantoma y ecógrafo real</i>	Grado de satisfacción con la experiencia hands-on de exploración mamaria	Satisfacción	Cuantitativa ordinal	Ítem Likert “Evaluar si el taller práctico cubrió las expectativas”	Likert 1–5
<i>Valoración global del curso blended</i>	Evaluación integral de la modalidad combinada gamificación + simulación	Satisfacción global	Cuantitativa ordinal	Ítem Likert “Satisfacción de la modalidad del curso blended”	Likert 1–5

3.9 Aspectos Bioéticos

La realización de un estudio cuasi-experimental en estudiantes de medicina que participarán voluntariamente en el testeo de una modalidad de aprendizaje innovadora, basada en el uso de redes sociales públicas y talleres de simulación presencial, requiere un marco ético y metodológico sólido.

Obtuvo el aval de comité de ética de la universidad de Murcia previo al inicio de cualquier intervención, el 23 de octubre del 2023. Adjunto en anexos la aprobación y el consentimiento informado que se repartió a todos previo la participación en el estudio, donde se explican los siguientes principios:

1. Confidencialidad:

La confidencialidad es un principio esencial en cualquier investigación, especialmente en estudios que involucran a estudiantes, ya que protege su identidad y garantiza que los datos recolectados no puedan ser asociados con individuos específicos. En este estudio, no se requerirá autenticación para realizar los exámenes, lo que asegura el anonimato de los participantes.

2. Protección de datos:

Todos los resultados y la información personal recolectada serán encriptados para garantizar la seguridad de los datos. Este enfoque es crucial en investigaciones que involucran tecnologías digitales, como el uso de redes sociales públicas, para evitar el acceso no autorizado a la información. La protección de datos no solo cumple con normativas legales, como el Reglamento General de Protección de Datos (GDPR) en Europa, sino que también asegura la integridad del estudio y la confianza de los participantes. Según estudios experimentales en salud, la protección de datos es clave para evitar sesgos y garantizar la validez de los resultados. (Reglamento general de protección de datos, 2022).

3. No remuneración:

El estudio no ofrecerá compensación económica ni académica a los participantes, ya que son estudiantes de tercer año de medicina. Esto es importante para evitar sesgos de

selección, donde los participantes podrían sentirse motivados por la recompensa en lugar de un interés genuino en el estudio.

4. Autofinanciamiento:

El proyecto será autofinanciado por los investigadores, lo que garantiza la independencia del estudio y evita posibles conflictos de interés. Según la literatura, los estudios autofinanciados tienden a ser percibidos como más objetivos y libres de influencias externas, lo que aumenta su credibilidad.

5. No publicidad ni obligación de registro:

El uso de redes sociales públicas, como Instagram®, no requerirá que los participantes creen una cuenta o se registren, ya que los recursos estarán disponibles en el dominio público. Esto elimina barreras de acceso y asegura que la participación sea completamente voluntaria. Además, evita la percepción de que el estudio está promoviendo una plataforma específica, lo que podría generar sesgos o conflictos éticos. Según investigaciones sobre el uso de redes sociales en educación médica, la accesibilidad y la neutralidad son factores clave para garantizar la equidad en los estudios.

6. Registro audiovisual en talleres de simulación:

El registro audiovisual de las sesiones prácticas será utilizado exclusivamente con fines educativos y de análisis, respetando la confidencialidad de los participantes. Este enfoque permite documentar el desarrollo de competencias prácticas sin comprometer la privacidad de los estudiantes. La literatura sobre simulación en educación médica destaca que el uso de registros audiovisuales es una herramienta valiosa para evaluar el desempeño y proporcionar retroalimentación, siempre que se respeten los principios éticos.

7. Evaluaciones durante el estudio:

Se solicitará a los participantes que completen evaluaciones en diferentes etapas del estudio (pre-test, mid-term y post-test), lo que permitirá medir la progresión del aprendizaje y el impacto de la intervención.

Este estudio cuasi-experimental está diseñado para cumplir con los más estándares éticos y metodológicos, asegurando la confidencialidad, la protección de datos, la voluntariedad y la validez de los instrumentos. Estos principios no solo garantizan la integridad del estudio, sino que también promueven la confianza y el bienestar de los participantes, elementos esenciales en investigaciones en el ámbito de la educación médica.

3.9. Aspectos Administrativos

La realización de este trabajo fue financiada en su totalidad por sus autores, quienes se encargaron de la autorización para su ejecución, recolección de datos, procesamiento de datos, análisis y elaboración de reportes. El trabajo de titulación fue supervisado y guiado paso a paso por los directores de la disertación.

Capítulo IV. Resultados

"Technology will never replace great teachers, but in the hands of great teachers, it's transformational."

"La tecnología nunca reemplazará a los grandes maestros, pero en manos de grandes maestros, es transformadora".

George Couros es un educador canadiense, autor de *The Innovator's Mindset* (2015), que promueve la innovación en la educación a través del desarrollo de una mentalidad creativa y centrada en el estudiante.

Primera fase experimental: Fase digital gamificación y exposición a contenido de Instagram® con evaluación continua de Kahoot!®.

GRUPO DE VARIABLES CONOCIMIENTOS

HISTOLOGÍA Y ANATOMÍA NORMAL

Tabla 7. Prueba multivariada (ANOVA) sobre conocimientos en histología y anatomía normal durante la fase digital con gamificación e intervención en Instagram®

Pruebas multivariante							
Efecto			Valor	F	gl de hipótesis	gl de error	Sig.
Tiempo	Traza de Pillai		.822	342.438b	1.000	74.000	<.001
	Lambda de Wilks		.178	342.438b	1.000	74.000	<.001
	Traza de Hotelling		4.628	342.438b	1.000	74.000	<.001
	Raíz mayor de Roy		4.628	342.438b	1.000	74.000	<.001
Tiempo * Grupo Conocimientos	Traza de Pillai		.120	10.066b	1.000	74.000	.002
	Lambda de Wilks		.880	10.066b	1.000	74.000	.002
	Traza de Hotelling		.136	10.066b	1.000	74.000	.002
	Raíz mayor de Roy		.136	10.066b	1.000	74.000	.002
a. Diseño : Intersección + Grupo Conocimientos.							
Diseño intra-sujetos: Tiempo							
b. Estadístico exacto							

Tabla 8 Prueba de esfericidad de Mauchly para el análisis de conocimientos en histología y anatomía normal en la fase digital con gamificación e intervención en Instagram®

Prueba de esfericidad de Mauchly

Efecto intra-sujetos	W	Aprox. de Mauchly	Chi-cuadrado	gl	Sig.	Épsilonb	
						Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt
Tiempo	1.000	.000	0	1	.000	1.000	1.000

Prueba la hipótesis nula de que la matriz de covarianzas de error de las variables dependientes con transformación ortonormalizada es proporcional a una matriz de identidad.

a. Diseño : Intersección + Grupo Conocimientos

Diseño intra-sujetos: Tiempo

b. Se puede utilizar para ajustar los grados de libertad para las pruebas promedio de significación. Las pruebas corregidas se visualizan en la tabla de pruebas de efectos intra-sujetos.

Tabla 9. Efectos intra-sujetos en el conocimiento de histología y anatomía normal durante la fase digital con gamificación e intervención en Instagram®

Pruebas de efectos intra-sujetos

Origen		Tipo III de suma de cuadrados		Media cuadrática		F	Sig.
Tiempo	Esfericidad asumida	50.679	1	50.679	342.438	<.001	
	Greenhouse-Geisser	50.679	1.000	50.679	342.438	<.001	
	Huynh-Feldt	50.679	1.000	50.679	342.438	<.001	
	Límite inferior	50.679	1.000	50.679	342.438	<.001	
Tiempo * Campo Conocimiento	Esfericidad asumida	1.490	1	1.490	10.066	.002	
	Greenhouse-Geisser	1.490	1.000	1.490	10.066	.002	
	Huynh-Feldt	1.490	1.000	1.490	10.066	.002	
	Límite inferior	1.490	1.000	1.490	10.066	.002	
Error(Tiempo)	Esfericidad asumida	10.952	74	.148			
	Greenhouse-Geisser	10.952	74.000	.148			
	Huynh-Feldt	10.952	74.000	.148			
	Límite inferior	10.952	74.000	.148			

Evaluación de la intervención educativa en histología y anatomía mamaria normal

Con el objetivo de evaluar la efectividad de una intervención educativa basada en contenidos de Instagram® en comparación con el aprendizaje tradicional, se aplicó un modelo de medidas repetidas utilizando análisis de covarianza (ANCOVA). Este análisis permitió observar los cambios en el conocimiento de los estudiantes antes y después de la intervención, así como las diferencias en esos cambios entre los dos grupos involucrados en el estudio: el grupo experimental (caso) que recibió la intervención con contenido educativo a través de Instagram® y el grupo de control, que siguió un modelo de enseñanza tradicional.

Descripción

El modelo incluyó dos variables clave: la variable dependiente, que es el puntaje de conocimiento en histología y anatomía mamaria normal, y dos factores principales. El primer factor fue el tiempo, con dos momentos de medición: el pretest, antes de la intervención, y el posttest, después de la intervención. El segundo factor fueron los grupos de estudio, con 38 participantes en cada grupo: uno que recibió la intervención a través de Instagram® (grupo caso) y otro que no (grupo control).

Pruebas multivariantes y resultados

El análisis estadístico aplicado mediante ANOVA para medidas repetidas mostró efectos significativos del tiempo sobre el conocimiento de histología y anatomía normal. Se observó una mejora global significativa entre el pretest y el posttest en todos los participantes ($F = 342.438$, $p < .001$), lo cual se evidenció en la traza de Pillai de .822, indicando un efecto fuerte del tiempo sobre la variable dependiente (ver Tabla 7). La validez del modelo fue confirmada mediante la prueba de esfericidad de Mauchly, cuyo valor de $W = 1.000$ demuestra que se cumple el supuesto de esfericidad, por lo que no fue necesario aplicar correcciones a los grados de libertad (ver Tabla 8). Esto garantiza que los resultados pueden interpretarse con plena confianza estadística, sin riesgo de sesgo por varianza desigual entre mediciones. A partir del valor F observado, se estima un tamaño del efecto parcial (η^2_p) de aproximadamente 0.822, lo cual representa un efecto muy grande, indicando que más del 82% de la varianza en los puntajes puede atribuirse al efecto del tiempo, es decir, a la intervención educativa.

Asimismo, se identificó un efecto significativo de la interacción entre el tiempo y el grupo de conocimientos ($F = 10.066$, $p = .002$), lo que indica que el grupo que recibió la intervención educativa a través de Instagram® experimentó una mejora en el conocimiento superior al grupo control (ver Tabla 7). Esta diferencia no puede atribuirse a condiciones iniciales dispares, ya que no se observaron diferencias significativas en las puntuaciones del pretest entre los grupos ($F = 1.191$, $p = .279$, ver Tabla 9). Los efectos intra-sujetos confirmaron esta diferencia, también con un tamaño del efecto parcial considerable ($\eta^2_p \approx 0.120$ para la interacción), lo que refleja que un 12% de la varianza total en la mejora puede explicarse por el tipo de grupo. Estos resultados, junto con un bajo error residual, respaldan que la intervención basada en contenidos digitales, en combinación con elementos de gamificación, fue eficaz para potenciar el aprendizaje en histología y anatomía mamaria normal.

PRINCIPIOS FÍSICOS DE ECOGRAFÍA

Tabla 10. Prueba multivariada (ANOVA) sobre conocimientos en principios físicos de ecografía durante la fase digital con gamificación e intervención en Instagram®
Pruebas multivariante

Efecto		Valor F		gl de hipótesis	gl de error	Sig.
Tiempo	Traza de Pillai	.658	142.518 ^b	1.000	74.000	<.001
	Lambda de Wilks	.342	142.518 ^b	1.000	74.000	<.001
	Traza de Hotelling	1.926	142.518 ^b	1.000	74.000	<.001
	Raíz mayor de Roy	1.926	142.518 ^b	1.000	74.000	<.001
Tiempo * Grupos	Traza de Pillai	.268	27.150 ^b	1.000	74.000	<.001
	Lambda de Wilks	.732	27.150 ^b	1.000	74.000	<.001
	Traza de Hotelling	.367	27.150 ^b	1.000	74.000	<.001
	Raíz mayor de Roy	.367	27.150 ^b	1.000	74.000	<.001

a. Diseño : Intersección + Grupos

Diseño intra-sujetos: Tiempo

b. Estadístico exacto

Tabla 11 Prueba de esfericidad de Mauchly para el análisis de conocimientos en principios físicos de ecografía en la fase digital con gamificación e intervención en Instagram®

Prueba de esfericidad de Mauchly^a

Efecto intra- sujetos	W	de Aprox. Mauchly	Chi- cuadrado	gl	Sig.	Épsilon ^b	Huynh- Feldt	Límite inferior
						Greenhouse- Geisser		
Tiempo	1.000	.000	0	.	1.000	1.000	1.000	1.000

Prueba la hipótesis nula de que la matriz de covarianzas de error de las variables dependientes con transformación ortonormalizada es proporcional a una matriz de identidad.

a. Diseño : Intersección + Grupos

Diseño intra-sujetos: Tiempo

b. Se puede utilizar para ajustar los grados de libertad para las pruebas promedio de significación. Las pruebas corregidas se visualizan en la tabla de pruebas de efectos intra-sujetos.

Tabla 12 Efectos intra-sujetos en el conocimiento sobre principios físicos de ecografía durante la fase digital con gamificación e intervención en Instagram®

Pruebas de efectos intra-sujetos

Origen		Tipo III de suma de cuadrados		Media cuadrática		F	Sig.
Tiempo	Esfericidad asumida	124.492	1	124.492	142.518	<.001	
	Greenhouse- Geisser	124.492	1.000	124.492	142.518	<.001	
	Huynh-Feldt	124.492	1.000	124.492	142.518	<.001	
	Límite inferior	124.492	1.000	124.492	142.518	<.001	
Tiempo Grupos	* Esfericidad asumida	23.716	1	23.716	27.150	<.001	
	Greenhouse- Geisser	23.716	1.000	23.716	27.150	<.001	
	Huynh-Feldt	23.716	1.000	23.716	27.150	<.001	
	Límite inferior	23.716	1.000	23.716	27.150	<.001	
Error(Tiempo)	Esfericidad asumida	64.640	74	.874			
	Greenhouse- Geisser	64.640	74.000	.874			
	Huynh-Feldt	64.640	74.000	.874			
	Límite inferior	64.640	74.000	.874			

Principios físicos de ecografía

El análisis de la variable "principios físicos de ecografía" mediante un modelo de medidas repetidas evidenció un efecto significativo del tiempo sobre el conocimiento de los estudiantes. Las pruebas multivariantes mostraron resultados altamente significativos para todas las métricas analizadas (Traza de Pillai = .658, $F(1,74) = 142.518$, $p < .001$), lo que confirma una mejora sustancial en los puntajes del posttest respecto al pretest en ambos grupos (ver Tabla 10). La interacción Tiempo $\times$ Grupos también fue significativa ($F = 27.150$, $p < .001$), indicando que el grupo que recibió la intervención digital mostró una ganancia mayor en conocimiento. La prueba de esfericidad de Mauchly ($W = 1.000$) validó el modelo al cumplir el supuesto de homogeneidad de varianzas, sin necesidad de correcciones (ver Tabla 11).

El análisis de los efectos intra-sujetos profundiza esta interpretación, mostrando un efecto robusto del tiempo ($F = 142.518$, $p < .001$) y una interacción significativa con el grupo ($F = 27.150$, $p < .001$), con baja varianza residual (ver Tabla 12). Estos resultados sugieren que la intervención basada en redes sociales influyó positivamente en la comprensión de los principios físicos de ecografía. Además, la magnitud del cambio observada permite estimar un tamaño del efecto parcial (η^2_p) elevado, lo que indica que una porción considerable de la varianza total en los puntajes puede atribuirse directamente a la intervención. En conjunto, los hallazgos respaldan de forma estadísticamente sólida que el uso de plataformas digitales como Instagram®, junto a estrategias de gamificación, es eficaz para potenciar el aprendizaje en educación médica.

ANATOMÍA ECOGRÁFICA DE LA MAMA NORMAL

Tabla 13. Prueba multivariada (ANCOVA) sobre conocimientos en anatomía ecográfica mamaria normal durante la fase digital con gamificación e intervención en Instagram®

Pruebas multivariante

Efecto		Valor F	gl hipótesis	de gl error	de Sig.
Tiempo	Traza de Pillai	.815 327.000 ^b	1.000	74.000	<.001
	Lambda de Wilks	.185 327.000 ^b	1.000	74.000	<.001
	Traza de Hotelling	4.419 327.000 ^b	1.000	74.000	<.001
	Raíz mayor Roy	4.419 327.000 ^b	1.000	74.000	<.001
Tiempo * Conocimientos	Traza de Pillai	.270 27.433 ^b	1.000	74.000	<.001
	Lambda de Wilks	.730 27.433 ^b	1.000	74.000	<.001
	Traza de Hotelling	.371 27.433 ^b	1.000	74.000	<.001
	Raíz mayor Roy	.371 27.433 ^b	1.000	74.000	<.001

a. Diseño : Intersección + Grupo Conocimientos

Diseño intra-sujetos: Tiempo

b. Estadístico exacto

Tabla 14. Prueba de esfericidad de Mauchly para el análisis de conocimientos en anatomía ecográfica mamaria normal durante la fase digital con gamificación e intervención en Instagram®

Prueba de esfericidad de Mauchly^a

Efecto intra-sujetos	W	de Aprox. Mauchly	Chi-cuadrado	Chi-gl Sig.	Épsilon ^b Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Límite inferior
Tiempo	1.000	.000	0	.	1.000	1.000	1.000

Prueba la hipótesis nula de que la matriz de covarianzas de error de las variables dependientes con transformación ortonormalizada es proporcional a una matriz de identidad.

a. Diseño : Intersección + Grupo Conocimientos

Diseño intra-sujetos: Tiempo

b. Se puede utilizar para ajustar los grados de libertad para las pruebas promedio de significación. Las pruebas corregidas se visualizan en la tabla de pruebas de efectos intra-sujetos.

Tabla 15. Efectos intra-sujetos en el conocimiento sobre anatomía ecográfica mamaria normal durante la fase digital con gamificación e intervención en Instagram®

Pruebas de efectos intra-sujetos

Origen		Tipo III de suma de cuadrados		gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tiempo	Esfericidad asumida	21.195		1	21.195	327.000	<.001
	Greenhouse-Geisser	21.195		1.000	21.195	327.000	<.001
	Huynh-Feldt	21.195		1.000	21.195	327.000	<.001
	Límite inferior	21.195		1.000	21.195	327.000	<.001
Tiempo * Grupo Conocimientos	Esfericidad asumida	1.778		1	1.778	27.433	<.001
	Greenhouse-Geisser	1.778		1.000	1.778	27.433	<.001
	Huynh-Feldt	1.778		1.000	1.778	27.433	<.001
	Límite inferior	1.778		1.000	1.778	27.433	<.001
Error(Tiempo)	Esfericidad asumida	4.797		74	.065		
	Greenhouse-Geisser	4.797		74.000	.065		
	Huynh-Feldt	4.797		74.000	.065		
	Límite inferior	4.797		74.000	.065		

Evaluación del aprendizaje en Anatomía Ecográfica Mamaria Normal

El análisis estadístico multivariante evidenció un efecto altamente significativo del tiempo sobre el conocimiento en anatomía ecográfica mamaria normal. La Traza de Pillai = .815 y el valor $F(1,74) = 327.000$ con $p < .001$ (ver Tabla 13), indican una mejora contundente entre el pretest y el posttest en la muestra total. Además, la prueba de esfericidad de Mauchly ($W = 1.000$) confirmó que no se violó el supuesto de esfericidad (ver Tabla 14), lo cual valida el uso de grados de libertad estándar. La magnitud del cambio, reflejada también en los efectos intra-sujetos (ver Tabla 15), sugiere un tamaño del efecto parcial estimado (η^2_p) de aproximadamente 0.815, lo que indica que más del 81% de la varianza observada se puede atribuir directamente a la intervención educativa en el tiempo.

La interacción tiempo × grupo también fue significativa ($F = 27.433$, $p < .001$), lo que indica que el grupo expuesto a contenidos educativos mediante Instagram® experimentó una mejora en el conocimiento notablemente superior al grupo control (ver Tablas 13 y 15). El tamaño del efecto parcial para esta interacción se estima en $\eta^2_p \approx 0.270$, lo que representa un efecto grande y relevante desde el punto de vista pedagógico. Aunque la diferencia entre grupos en los puntajes globales no alcanzó la significación estricta en el efecto inter-sujetos ($F = 3.824$, $p = 0.054$), la clara mejoría en la evolución del grupo experimental respalda la eficacia de la intervención. En conjunto, estos resultados fortalecen la evidencia de que las plataformas digitales aplicadas con intención educativa, como Instagram®, pueden ser herramientas efectivas para mejorar el aprendizaje clínico en contextos médicos complejos.

IDENTIFICACIÓN ECOGRÁFICA DE HALLAZGOS BENIGNOS Y DE SOSPECHA MAMARIOS

Tabla 16. Prueba multivariada (ANCOVA) sobre conocimientos en identificación ecográfica de hallazgos mamarios durante la fase digital con gamificación e intervención en Instagram®

Pruebas multivariante

Efecto		Valor F	gl hipótesis	de gl error	de Sig.
Tiempo	Traza de Pillai	.534	84.757 ^b 1.000	74.000	<.001
	Lambda	de .466	84.757 ^b 1.000	74.000	<.001
	Wilks				
	Traza Hotelling	de 1.145	84.757 ^b 1.000	74.000	<.001
	Raíz mayor Roy	de 1.145	84.757 ^b 1.000	74.000	<.001
Tiempo * Conocimientos	Traza de Pillai	.003	.230 ^b 1.000	74.000	.633
	Lambda	de .997	.230 ^b 1.000	74.000	.633
	Wilks				
	Traza Hotelling	de .003	.230 ^b 1.000	74.000	.633
	Raíz mayor Roy	de .003	.230 ^b 1.000	74.000	.633

a. Diseño : Intersección + Grupo Conocimientos

Diseño intra-sujetos: Tiempo

b. Estadístico exacto

Tabla 17. Prueba de esfericidad de Mauchly para el análisis de conocimientos en identificación ecográfica de hallazgos mamarios durante la fase digital con gamificación e intervención en Instagram®

Prueba de esfericidad de Mauchly^a

Efecto intra-W sujetos	de Aprox. Mauchly	Chi- cuadrado	gl Sig.	Épsilon ^b		
				Greenhouse- Geisser	Huynh- Feldt	Límite inferior
Tiempo	1.000	.000	0 .	1.000	1.000	1.000

Prueba la hipótesis nula de que la matriz de covarianzas de error de las variables dependientes con transformación ortonormalizada es proporcional a una matriz de identidad.

a. Diseño : Intersección + Grupo Conocimientos

Diseño intra-sujetos: Tiempo

b. Se puede utilizar para ajustar los grados de libertad para las pruebas promedio de significación. Las pruebas corregidas se visualizan en la tabla de pruebas de efectos intra-sujetos.

Tabla 18. Efectos intra-sujetos en el conocimiento sobre identificación ecográfica de hallazgos mamarios durante la fase digital con gamificación e intervención en Instagram®

Pruebas de efectos intra-sujetos

Origen		Tipo III de suma de cuadrados		Media cuadrática	F	Sig.
Tiempo	Esfericidad asumida	62.162	1	62.162	84.757	<.001
	Greenhouse-Geisser	62.162	1.000	62.162	84.757	<.001
	Huynh-Feldt	62.162	1.000	62.162	84.757	<.001
	Límite inferior	62.162	1.000	62.162	84.757	<.001
Tiempo * Grupo Conocimientos	Esfericidad asumida	.168	1	.168	.230	.633
	Greenhouse-Geisser	.168	1.000	.168	.230	.633
	Huynh-Feldt	.168	1.000	.168	.230	.633
	Límite inferior	.168	1.000	.168	.230	.633
Error(Tiempo)	Esfericidad asumida	54.273	74	.733		
	Greenhouse-Geisser	54.273	74.000	.733		
	Huynh-Feldt	54.273	74.000	.733		
	Límite inferior	54.273	74.000	.733		

Identificación ecográfica de hallazgos mamarios

El análisis multivariado para la variable “identificación ecográfica de hallazgos mamarios” mostró un efecto significativo del tiempo, con un valor $F(1,74) = 84.757$, $p < .001$, y una Traza de Pillai = .534 (ver Tabla 16), lo que indica una mejora sustancial en el conocimiento de los estudiantes entre el pretest y el posttest. Las pruebas Lambda de Wilks, Hotelling y Roy corroboraron estos hallazgos, reforzando la consistencia del modelo. La prueba de esfericidad de Mauchly presentó un valor de $W = 1.000$, lo que demuestra que no se violó el supuesto de esfericidad y permite el uso de grados de libertad sin corrección (ver Tabla 17). En las pruebas de efectos intra-sujetos (ver Tabla 18), el efecto del tiempo mostró nuevamente un resultado altamente significativo ($F = 84.757$, $p < .001$), con un error residual bajo ($MSE = 0.733$). A partir de estos valores, se estima un tamaño del efecto parcial (η^2_p) de aproximadamente 0.534, lo que representa un efecto grande, indicando que cerca del 53.4 % de la varianza en el conocimiento puede atribuirse directamente a la intervención educativa general.

En contraste, la interacción entre tiempo y grupo de conocimientos no fue significativa ($F = 0.230$, $p = .633$), lo que implica que la mejora observada no difiere entre los grupos experimental y control (ver Tablas 16 y 18). Este resultado señala que, si bien ambos grupos mejoraron significativamente, la modalidad educativa implementada (uso de Instagram® vs. enseñanza tradicional) no tuvo un impacto diferencial sobre el aprendizaje en esta área específica del curso. La Traza de Pillai para la interacción fue apenas .003, reflejando una contribución mínima del grupo a la mejora total. En consecuencia, el tamaño del efecto parcial asociado a esta interacción se estima en $\eta^2_p \approx 0.003$, lo que representa un efecto trivial. Por tanto, aunque la intervención en su conjunto fue efectiva, los datos no respaldan una superioridad metodológica atribuible a la modalidad digital en el aprendizaje de identificación ecográfica de hallazgos mamarios.

Los resultados de este análisis sugieren que tanto el grupo caso como el grupo control mejoraron significativamente su conocimiento en la identificación de hallazgos mamarios mediante ecografía. Sin embargo, no se observó una diferencia significativa en los efectos del uso de Instagram® frente al método tradicional.

ÁREA DE AUTOPERCEPCIÓN HABILIDADES

¿Me siento capaz de identificar artefactos físicos y sus características de ecogénicas en la ecografía?

Tabla 19. Prueba multivariada (ANCOVA) sobre la autopercepción de habilidad para identificar artefactos físicos y características de ecogenicidad en ecografía

Pruebas multivariante

Efecto		Valor F	gl hipótesis	de gl error	de Sig.	
Tiempo	Traza de Pillai	.776	256.866 ^b	1.000	74.000	<.001
	Lambda de Wilks	.224	256.866 ^b	1.000	74.000	<.001
	Traza de Hotelling	3.471	256.866 ^b	1.000	74.000	<.001
	Raíz mayor de Roy	3.471	256.866 ^b	1.000	74.000	<.001
Tiempo * Grupo Conocimientos	Traza de Pillai	.032	2.467 ^b	1.000	74.000	.121
	Lambda de Wilks	.968	2.467 ^b	1.000	74.000	.121
	Traza de Hotelling	.033	2.467 ^b	1.000	74.000	.121
	Raíz mayor de Roy	.033	2.467 ^b	1.000	74.000	.121

a. Diseño : Intersección + Grupo Conocimientos

Diseño intra-sujetos: Tiempo

b. Estadístico exacto

Tabla 20. Prueba de esfericidad de Mauchly para el análisis de autopercepción en identificación de artefactos físicos en ecografía

Prueba de esfericidad de Mauchly^a

Efecto intra-sujetos	W	de Mauchly	Aprox. cuadrado	Chi-gl Sig.	Épsilon ^b		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Límite inferior
Tiempo	1.000	.000	0	.	1.000	1.000	1.000

Prueba la hipótesis nula de que la matriz de covarianzas de error de las variables dependientes con transformación ortonormalizada es proporcional a una matriz de identidad.

a. Diseño : Intersección + Grupo Conocimientos

Diseño intra-sujetos: Tiempo

b. Se puede utilizar para ajustar los grados de libertad para las pruebas promedio de significación. Las pruebas corregidas se visualizan en la tabla de pruebas de efectos intra-sujetos.

Tabla 21. Efectos intra-sujetos sobre la autopercepción de habilidad para identificar artefactos físicos y características de ecogenicidad en ecografía

Pruebas de efectos intra-sujetos

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tiempo	Esfericidad asumida	241.099	1	241.099	256.866	<.001
	Greenhouse-Geisser	241.099	1.000	241.099	256.866	<.001
	Huynh-Feldt	241.099	1.000	241.099	256.866	<.001
	Límite inferior	241.099	1.000	241.099	256.866	<.001
Tiempo * Grupo Conocimientos	Esfericidad asumida	2.316	1	2.316	2.467	.121
	Greenhouse-Geisser	2.316	1.000	2.316	2.467	.121
	Huynh-Feldt	2.316	1.000	2.316	2.467	.121
	Límite inferior	2.316	1.000	2.316	2.467	.121
Error(Tiempo)	Esfericidad asumida	69.457	74	.939		
	Greenhouse-Geisser	69.457	74.000	.939		
	Huynh-Feldt	69.457	74.000	.939		
	Límite inferior	69.457	74.000	.939		

Autopercepción: ¿Me siento capaz de identificar artefactos físicos y sus características de ecogénicas en la ecografía?

El análisis multivariado aplicado a la autopercepción de la habilidad para identificar artefactos físicos y características de ecogenicidad en ecografía mostró un efecto significativo del tiempo, con una Traza de Pillai de .776 y un valor $F(1,74) = 256.866$, $p < .001$ (ver Tabla 19). Esto indica que, independientemente del grupo, los participantes mejoraron notablemente su percepción de competencia entre el pretest y el posttest. La prueba de esfericidad de Mauchly ($W = 1.000$) confirmó que el supuesto de esfericidad se cumplió (ver nota metodológica), lo que permitió utilizar los grados de libertad convencionales. En las pruebas de efectos intra-sujetos (ver Tabla 21), el bajo error

residual (MSE = 0.939) y la elevada media cuadrática del tiempo permiten estimar un tamaño del efecto parcial (η^2_p) $\approx$ 0.776, lo que representa un efecto muy grande. Esto sugiere que cerca del 77.6 % de la variabilidad en la autopercepción puede atribuirse al efecto del tiempo, es decir, al impacto de la intervención educativa.

Por otro lado, la interacción entre el tiempo y el grupo de conocimientos no fue estadísticamente significativa ($F = 2.467$, $p = .121$), con una Traza de Pillai de apenas .032 (ver Tabla 19), lo cual indica que ambos grupos mejoraron su autopercepción en magnitudes similares. La estimación del tamaño del efecto parcial para esta interacción arroja un $\eta^2_p \approx 0.032$, lo que representa un efecto pequeño. Este resultado sugiere que, si bien la intervención tuvo un impacto general positivo, no se observó una ventaja diferencial atribuible al grupo que recibió contenidos a través de Instagram®, en comparación con el grupo control. En conjunto, los resultados evidencian una mejora significativa en la percepción de competencia, aunque homogénea entre grupos, destacando la efectividad del curso, pero sin que el tipo de modalidad pedagógica genere un efecto diferencial en esta área específica de habilidades.

¿Soy capaz de comprender el manejo adecuado del ecógrafo al momento de realizar una ecografía mamaria?

Tabla 22. Prueba multivariada (ANCOVA) sobre la autopercepción de competencia en el manejo adecuado del ecógrafo para ecografía mamaria

Pruebas multivariante

Efecto		Valor F	gl hipótesis	de gl error	de Sig.
Tiempo	Traza de Pillai	.767 244.129 ^b	1.000	74.000	<.001
	Lambda de Wilks	.233 244.129 ^b	1.000	74.000	<.001
	Traza de Hotelling	3.29 244.129 ^b	1.000	74.000	<.001
	Raíz mayor Roy	3.29 244.129 ^b	1.000	74.000	<.001
Tiempo * Conocimientos	Traza de Pillai	.104 8.635 ^b	1.000	74.000	.004
	Lambda de Wilks	.896 8.635 ^b	1.000	74.000	.004
	Traza de Hotelling	.117 8.635 ^b	1.000	74.000	.004

	Raíz mayor de Roy	.117	8.635 ^b	1.000	74.000	.004
--	-------------------	------	--------------------	-------	--------	------

a. Diseño : Intersección + Grupo Conocimientos

Diseño intra-sujetos: Tiempo

b. Estadístico exacto

Tabla 23. Prueba de esfericidad de Mauchly para el análisis de autopercepción sobre el manejo adecuado del ecógrafo.

Prueba de esfericidad de Mauchly

Efecto intra-sujetos	W	Aprox. de Chi-cuadrado	gl	Sig.	Épsilon ^b		Límite inferior
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	
Tiempo	1.000	.000	0	.	1.000	1.000	1.000

Prueba la hipótesis nula de que la matriz de covarianzas de error de las variables dependientes con transformación ortonormalizada es proporcional a una matriz de identidad.

a. Diseño : Intersección + Grupo Conocimientos

Diseño intra-sujetos: Tiempo

b. Se puede utilizar para ajustar los grados de libertad para las pruebas promedio de significación. Las pruebas corregidas se visualizan en la tabla de pruebas de efectos intra-sujetos.

Tabla 24. Efectos intra-sujetos en la autopercepción sobre el manejo adecuado del ecógrafo para ecografía mamaria

Pruebas de efectos intra-sujetos

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tiempo	Esfericidad asumida	310.247	1	310.247	244.129	<.001
	Greenhouse-Geisser	310.247	1.000	310.247	244.129	<.001
	Huynh-Feldt	310.247	1.000	310.247	244.129	<.001
	Límite inferior	310.247	1.000	310.247	244.129	<.001
Tiempo * Grupo Conocimientos	Esfericidad asumida	10.974	1	10.974	8.635	.004
	Greenhouse-Geisser	10.974	1.000	10.974	8.635	.004
	Huynh-Feldt	10.974	1.000	10.974	8.635	.004

	Límite inferior	10.974	1.000	10.974	8.635	.004
Error(Tiempo)	Esfericidad asumida	94.042	74	1.271		
	Greenhouse-Geisser	94.042	74.000	1.271		
	Huynh-Feldt	94.042	74.000	1.271		
	Límite inferior	94.042	74.000	1.271		

Autopercepción: ¿Soy capaz de comprender el manejo adecuado del ecógrafo al momento de realizar una ecografía mamaria?

El análisis multivariado sobre la autopercepción de competencia en el manejo adecuado del ecógrafo reveló un efecto altamente significativo del tiempo ($F(1,74) = 244.129$, $p < .001$), con una Traza de Pillai = .767, lo que indica un cambio robusto entre el pretest y el posttest en todos los participantes (Tabla 22). Las demás pruebas multivariadas (Lambda de Wilks, Hotelling y Roy) confirmaron estos resultados, consolidando la validez del modelo. La prueba de esfericidad de Mauchly mostró un valor de $W = 1.000$, lo que garantiza el cumplimiento del supuesto de esfericidad y permite la aplicación de grados de libertad convencionales (Tabla 23). El análisis de efectos intra-sujetos reflejó una media cuadrática elevada para el efecto tiempo y un error residual moderado ($MSE = 1.271$), lo cual permite estimar un tamaño del efecto parcial ($\eta^2_p \approx 0.767$), considerado como muy grande (Tabla 24). Este resultado sugiere que aproximadamente el 76.7 % de la varianza total en la autopercepción puede atribuirse a la intervención educativa.

Adicionalmente, la interacción entre el tiempo y el grupo fue estadísticamente significativa ($F = 8.635$, $p = .004$), lo que indica que el cambio observado difiere según el tipo de grupo, es decir, el grupo que recibió contenidos educativos mediante Instagram® experimentó una mejora superior en comparación con el grupo control (Tablas 22 y 24). La Traza de Pillai para esta interacción fue .104, lo que sugiere una influencia moderada del grupo sobre la evolución en la autopercepción. De acuerdo con el valor de F y la varianza residual, se estima un tamaño del efecto parcial para la interacción ($\eta^2_p \approx 0.104$), lo cual representa un efecto medio, estadísticamente relevante. En consecuencia, los datos indican no solo una mejora general en la autopercepción de competencia

técnica, sino también un impacto diferencial atribuible al uso de estrategias digitales en el grupo experimental.

¿Soy capaz de Identificar la anatomía e histología normales de la mama?

Tabla 25. Prueba multivariada (ANCOVA) sobre la autopercepción de competencia para identificar la anatomía e histología normales de la mama.

Pruebas multivariante

Efecto		Valor F	gl hipótesis	de gl error	de Sig.
Tiempo	Traza de Pillai	.810 316.326 ^b	1.000	74.000	<.001
	Lambda Wilks	de .190 316.326 ^b	1.000	74.000	<.001
	Traza Hotelling	de 4.275 316.326 ^b	1.000	74.000	<.001
	Raíz mayor Roy	de 4.275 316.326 ^b	1.000	74.000	<.001
Tiempo * Conocimientos	Traza de Pillai	.218 20.656 ^b	1.000	74.000	<.001
	Lambda Wilks	de .782 20.656 ^b	1.000	74.000	<.001
	Traza Hotelling	de .279 20.656 ^b	1.000	74.000	<.001
	Raíz mayor Roy	de .279 20.656 ^b	1.000	74.000	<.001

a. Diseño : Intersección + Grupo Conocimientos

Diseño intra-sujetos: Tiempo

b. Estadístico exacto

Tabla 26. Prueba de esfericidad de Mauchly para el análisis de autopercepción sobre anatomía e histología normales de la mama.

Prueba de esfericidad de Mauchly^a

Efecto	intra- W	de Aprox.	Chi-	Épsilon ^b		
sujetos	Mauchly	cuadrado	gl Sig.	Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Límite inferior
Tiempo	1.000	.000	0	1.000	1.000	1.000

Prueba la hipótesis nula de que la matriz de covarianzas de error de las variables dependientes con transformación ortonormalizada es proporcional a una matriz de identidad.

a. Diseño : Intersección + Grupo Conocimientos

Diseño intra-sujetos: Tiempo

b. Se puede utilizar para ajustar los grados de libertad para las pruebas promedio de significación. Las pruebas corregidas se visualizan en la tabla de pruebas de efectos intra-sujetos.

Tabla 27. Efectos intra-sujetos en la autopercepción sobre identificación de la anatomía e histología normales de la mama.

Pruebas de efectos intra-sujetos

Origen		Tipo III de suma de cuadrados		Media cuadrática	F	Sig.
Tiempo	Esfericidad asumida	264.953	1	264.953	316.326	<.001
	Greenhouse-Geisser	264.953	1.000	264.953	316.326	<.001
	Huynh-Feldt	264.953	1.000	264.953	316.326	<.001
	Límite inferior	264.953	1.000	264.953	316.326	<.001
Tiempo * Grupo Conocimientos	Esfericidad asumida	17.301	1	17.301	20.656	<.001
	Greenhouse-Geisser	17.301	1.000	17.301	20.656	<.001
	Huynh-Feldt	17.301	1.000	17.301	20.656	<.001
	Límite inferior	17.301	1.000	17.301	20.656	<.001
Error(Tiempo)	Esfericidad asumida	61.982	74	.838		
	Greenhouse-Geisser	61.982	74.000	.838		
	Huynh-Feldt	61.982	74.000	.838		
	Límite inferior	61.982	74.000	.838		

Autopercepción: ¿Soy capaz de Identificar la anatomía e histología normales de la mama?

El análisis multivariado indicó un efecto significativo del tiempo sobre la autopercepción de competencia en la identificación de la anatomía e histología normales de la mama. La Traza de Pillai = .810 y el valor $F(1,74) = 316.326$, con $p < .001$ (Tabla 25), reflejan una mejora marcada entre las mediciones pretest y posttest. Las restantes pruebas multivariadas (Lambda de Wilks, Hotelling y Roy) confirmaron esta significancia, reforzando la robustez del modelo. La prueba de esfericidad de Mauchly presentó un valor de $W = 1.000$, lo cual valida los supuestos del análisis sin necesidad de correcciones (Tabla 26). En las pruebas de efectos intra-sujetos, el efecto del tiempo mostró una media cuadrática considerablemente alta (264.953), frente a un error residual de 0.838, lo que permite estimar un tamaño del efecto parcial (η^2_p) ≈ 0.810 , clasificado como muy

grande (Tabla 27). Este resultado indica que aproximadamente el 81 % de la varianza observada en la autopercepción puede atribuirse a la intervención educativa.

Asimismo, la interacción entre tiempo y grupo fue estadísticamente significativa ($F = 20.656$, $p < .001$), con una Traza de Pillai = .218 (Tabla 25), lo que evidencia una mejora diferencial según el tipo de grupo. Específicamente, el grupo que fue expuesto a contenidos educativos mediante Instagram® presentó una ganancia superior en su percepción de competencia respecto al grupo control. El cálculo estimado del tamaño del efecto parcial para esta interacción es $\eta^2_p \approx 0.218$, lo que representa un efecto medio-alto, con relevancia pedagógica. Por tanto, los datos sugieren que la intervención no solo fue efectiva en general, sino también especialmente útil para los estudiantes del grupo experimental, al fomentar una percepción más sólida de su capacidad para reconocer estructuras anatómicas e histológicas normales en la mama a través de la ecografía.

¿Soy capaz de poder identificar adecuadamente los hallazgos benignos en lesiones mamarias?

Tabla 28. Prueba multivariada (ANCOVA) sobre la autopercepción de competencia para identificar hallazgos benignos en lesiones mamarias

Pruebas multivariante

Efecto		Valor F	gl hipótesis	de gl error	de Sig.	
Tiempo	Traza de Pillai	.694	167.811 ^b	1.000	74.000	<.001
	Lambda Wilks	de .306	167.811 ^b	1.000	74.000	<.001
	Traza Hotelling	de 2.268	167.811 ^b	1.000	74.000	<.001
	Raíz mayor Roy	de 2.268	167.811 ^b	1.000	74.000	<.001
Tiempo * Conocimientos	Traza de Pillai	.074	5.900 ^b	1.000	74.000	.018
	Lambda Wilks	de .926	5.900 ^b	1.000	74.000	.018
	Traza Hotelling	de .080	5.900 ^b	1.000	74.000	.018
	Raíz mayor Roy	de .080	5.900 ^b	1.000	74.000	.018

a. Diseño : Intersección + Grupo Conocimientos

Diseño intra-sujetos: Tiempo

b. Estadístico exacto

Tabla 29. Prueba de esfericidad de Mauchly para la autopercepción sobre identificación de hallazgos benignos en lesiones mamarias

Prueba de esfericidad de Mauchly^a

Efecto intra- sujetos	W	de Aprox. Mauchly	Chi- cuadrado	gl	Sig.	Épsilon ^b	Huynh- Feldt	Límite inferior
						Greenhouse- Geisser		
Tiempo	1.000	.000	0	.	1.000	1.000	1.000	1.000

Prueba la hipótesis nula de que la matriz de covarianzas de error de las variables dependientes con transformación ortonormalizada es proporcional a una matriz de identidad.

a. Diseño : Intersección + Grupo Conocimientos

Diseño intra-sujetos: Tiempo

b. Se puede utilizar para ajustar los grados de libertad para las pruebas promedio de significación. Las pruebas corregidas se visualizan en la tabla de pruebas de efectos intra-sujetos.

Tabla 30. Efectos intra-sujetos en la autopercepción sobre identificación de hallazgos benignos en lesiones mamarias

Pruebas de efectos intra-sujetos

Origen		Tipo III de suma de cuadrados		Media cuadrática	F	Sig.
Tiempo	Esfericidad asumida	242.526	1	242.526	167.811	<.001
	Greenhouse-Geisser	242.526	1.000	242.526	167.811	<.001
	Huynh-Feldt	242.526	1.000	242.526	167.811	<.001
	Límite inferior	242.526	1.000	242.526	167.811	<.001
Tiempo * Grupo Conocimientos	Esfericidad asumida	8.526	1	8.526	5.900	.018
	Greenhouse-Geisser	8.526	1.000	8.526	5.900	.018
	Huynh-Feldt	8.526	1.000	8.526	5.900	.018
	Límite inferior	8.526	1.000	8.526	5.900	.018
Error(Tiempo)	Esfericidad asumida	106.947	74	1.445		
	Greenhouse-Geisser	106.947	74.000	1.445		
	Huynh-Feldt	106.947	74.000	1.445		
	Límite inferior	106.947	74.000	1.445		

Autopercepción: ¿Soy capaz de poder identificar adecuadamente los hallazgos benignos en lesiones mamarias?

El análisis multivariado reveló un efecto significativo del tiempo sobre la autopercepción en la identificación de hallazgos benignos en lesiones mamarias. La Traza de Pillai = .694 y el valor $F(1,74) = 167.811$, con $p < .001$ (Tabla 28), muestran un cambio robusto entre pretest y posttest, lo cual fue confirmado por las otras pruebas multivariadas (Lambda de Wilks, Hotelling, Roy). La prueba de esfericidad de Mauchly ($W = 1.000$) indicó que no hubo violación de los supuestos de esfericidad (Tabla 29), permitiendo el uso de grados de libertad sin corrección. En los efectos intra-sujetos (Tabla 30), se observó una media cuadrática alta para el tiempo (242.526) frente a un error residual de 1.445, lo que permite estimar un tamaño del efecto parcial (η^2_p) ≈ 0.694 , clasificado como muy grande. Esto indica que el 69.4 % de la variabilidad en la autopercepción se puede atribuir directamente al efecto de la intervención educativa.

Asimismo, la interacción entre el tiempo y el grupo de conocimientos fue significativa ($F = 5.900$, $p = .018$), con una Traza de Pillai = .074 (Tabla 28), lo que sugiere que el grupo que recibió contenidos mediante la intervención digital (Instagram®) experimentó una mejora mayor que el grupo control. La media cuadrática de la interacción (8.526) en relación con el error (1.445) permite calcular un tamaño del efecto parcial para la interacción (η^2_p) ≈ 0.074 , correspondiente a un efecto pequeño-moderado. En conjunto, estos hallazgos indican una mejora generalizada en la percepción de competencia para identificar hallazgos benignos, con una ventaja adicional moderada en el grupo que participó de la estrategia digital gamificada, lo cual respalda parcialmente su efectividad en esta dimensión de habilidades clínicas.

¿Puedo Identificar adecuadamente de hallazgos de sospecha en lesiones mamarias?

Tabla 31. Prueba multivariada (ANCOVA) sobre la autopercepción de competencia para identificar hallazgos de sospecha en lesiones mamarias

Pruebas multivariante

Efecto		Valor F	gl hipótesis	de gl error	de Sig.
Tiempo	Traza de Pillai	.640 131.558 ^b	1.000	74.000	<.001
	Lambda de Wilks	.360 131.558 ^b	1.000	74.000	<.001
	Traza de Hotelling	1.778 131.558 ^b	1.000	74.000	<.001
	Raíz mayor Roy	1.778 131.558 ^b	1.000	74.000	<.001
Tiempo * Conocimientos	Traza de Pillai	.048 3.764 ^b	1.000	74.000	.056
	Lambda de Wilks	.952 3.764 ^b	1.000	74.000	.056
	Traza de Hotelling	.051 3.764 ^b	1.000	74.000	.056
	Raíz mayor Roy	.051 3.764 ^b	1.000	74.000	.056

a. Diseño : Intersección + Grupo Conocimientos

Diseño intra-sujetos: Tiempo

b. Estadístico exacto

Tabla 32. Prueba de esfericidad de Mauchly para el análisis de autopercepción sobre identificación de hallazgos de sospecha en lesiones mamarias.

Prueba de esfericidad de Mauchly^a

Efecto intra-sujetos	W de Mauchly	Aprox. cuadrado	Chi-gl Sig.	Épsilon ^b	Huynh-Feldt	Límite inferior
				Greenhouse-Geisser		
Tiempo	1.000	.000	0 .	1.000	1.000	1.000

Prueba la hipótesis nula de que la matriz de covarianzas de error de las variables dependientes con transformación ortonormalizada es proporcional a una matriz de identidad.

a. Diseño : Intersección + Grupo Conocimientos

Diseño intra-sujetos: Tiempo

b. Se puede utilizar para ajustar los grados de libertad para las pruebas promedio de significación. Las pruebas corregidas se visualizan en la tabla de pruebas de efectos intra-sujetos.

Tabla 33. Efectos intra-sujetos en la autopercepción sobre identificación de hallazgos de sospecha en lesiones mamarias

Pruebas de efectos intra-sujetos

Origen		Tipo III de suma de cuadrados		gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tiempo	Esfericidad asumida	257.271		1	257.271	131.558	<.001
	Greenhouse-Geisser	257.271		1.000	257.271	131.558	<.001
	Huynh-Feldt	257.271		1.000	257.271	131.558	<.001
	Límite inferior	257.271		1.000	257.271	131.558	<.001
Tiempo * Grupo Conocimientos	Esfericidad asumida	7.361		1	7.361	3.764	.056
	Greenhouse-Geisser	7.361		1.000	7.361	3.764	.056
	Huynh-Feldt	7.361		1.000	7.361	3.764	.056
	Límite inferior	7.361		1.000	7.361	3.764	.056
Error(Tiempo)	Esfericidad asumida	144.713		74	1.956		
	Greenhouse-Geisser	144.713		74.000	1.956		
	Huynh-Feldt	144.713		74.000	1.956		

Autopercepción: ¿Puedo Identificar adecuadamente de hallazgos malignos en lesiones mamarias?

El análisis multivariado reveló un efecto significativo del tiempo sobre la autopercepción en la identificación de hallazgos mamarios sospechosos, con un valor de $F(1,74) = 131.558$, $p < .001$ y una Traza de Pillai = .640 (Tabla 31). Este resultado indica una mejora sustancial en las puntuaciones de autopercepción entre el pretest y el posttest, independientemente del grupo de pertenencia. Las demás pruebas multivariadas (Lambda de Wilks, Hotelling y Roy) confirmaron este efecto. La prueba de esfericidad de Mauchly ($W = 1.000$) validó la homogeneidad de varianzas entre las mediciones (Tabla 32), permitiendo el uso sin corrección de los grados de libertad. En los efectos intra-sujetos (Tabla 33), la relación entre la media cuadrática del tiempo (257.271) y el error (1.956) permitió estimar un tamaño del efecto parcial (η^2_p) ≈ 0.640 , lo que representa un efecto grande, indicando que aproximadamente el 64 % de la varianza en la mejora de la autopercepción es atribuible a la intervención educativa.

En cuanto a la interacción entre el tiempo y el grupo de conocimientos, esta no alcanzó significación estadística convencional ($F = 3.764$, $p = .056$), aunque se encuentra cerca del umbral crítico. La Traza de Pillai = .048 sugiere un posible efecto moderado, aunque no concluyente (Tabla 31). El tamaño del efecto parcial para esta interacción se estima en $\eta^2_p \approx 0.048$, correspondiente a un efecto pequeño, sin alcanzar solidez estadística. Esto implica que, aunque ambos grupos mejoraron su autopercepción, no puede afirmarse con certeza que el grupo que recibió la intervención digital haya tenido una ventaja estadísticamente superior sobre el grupo control en esta dimensión. En consecuencia, el cambio positivo en la autopercepción puede atribuirse al curso general, sin evidencia clara de un efecto diferencial según la modalidad pedagógica empleada.

SATISFACCIÓN SOBRE LA FASE DIGITAL ONLINE EN GRUPO EXPERIMENTAL

Tabla 34. Estadísticos descriptivos sobre la satisfacción del grupo experimental respecto a la fase digital mediante Instagram® y Kahoot!® en el aprendizaje de radiología

<i>Estadísticos descriptivos</i>	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. estándar
Los enlaces de Instagram® impartidos. ¿Te proporcionaron información útil para resolver este Kahoot!®?	38	3	5	4.53	.603
¿Estás satisfecho con el uso de esta modalidad (post/"reel") para estudiar radiología?	38	1	5	4.32	1.042
Estás satisfecho con el formato de evaluación de Kahoot!®.	38	2	5	4.21	1.018
¿Te plantearías estudiar con la ayuda de casos de ecografía a través de post/videos cortos tipo "reel"?	38	1	5	4.16	1.103
¿Cree que esta modalidad (post/"reel") (cuidadosamente seleccionada por un docente) debería adoptarse para el aprendizaje de la radiología?	38	1	5	3.63	1.403
Utilidad de las Redes sociales en radiología	38	2	5	3.58	1.200
¿Has usado antes o se te ha proporcionado en clases actividades con la aplicación Kahoot!®?	38	2	5	3.53	1.202
N válido (por lista)	38				

Los resultados descriptivos de la encuesta aplicada al grupo experimental evidencian una alta satisfacción general con la fase digital. La media más elevada se observó en el ítem relacionado con la utilidad de los enlaces de Instagram® para resolver la evaluación en Kahoot!®, con un valor de 4.53 (DE = 0.603), indicando bajo nivel de dispersión y una respuesta altamente positiva y homogénea. Le siguen la satisfacción con el uso de publicaciones y reels para estudiar radiología (media = 4.32, DE = 1.042) y el formato de evaluación mediante Kahoot!® (media = 4.21, DE = 1.018), reflejando una valoración favorable con una ligera mayor variabilidad en la respuesta.

En los ítems restantes, se observa una tendencia positiva pero con mayor dispersión. El planteamiento de estudiar casos de ecografía a través de publicaciones o videos cortos obtuvo una media de 4.16 (DE = 1.103), mientras que la percepción sobre la adopción general de esta modalidad para el aprendizaje de la radiología obtuvo una media de 3.63 (DE = 1.403), evidenciando una mayor diversidad de opiniones. La utilidad de las redes sociales en radiología y el uso previo de Kahoot!® presentaron medias similares (3.58 y 3.53, respectivamente), con desviaciones estándar por encima de 1.2, lo cual indica respuestas más heterogéneas entre los participantes. En conjunto, las estadísticas sugieren una valoración positiva, con mayor consenso en la utilidad inmediata de los recursos digitales aplicados en la intervención.

SEGUNDA FASE: SIMULACIÓN – WORKSHOP PRESENCIAL CON ECOGRÁFOS REALES Y FANTOMAS.

GRUPO DE VARIABLES DE CONOCIMIENTOS

HISTOLOGÍA Y ANATOMÍA NORMAL

Tabla 35. Prueba multivariada (ANOVA) sobre conocimientos en histología y anatomía mamaria normal tras la intervención con simulación

Pruebas multivariante

Efecto		Valor F		gl de hipótesis	gl de error	Sig.
Tiempo	Traza de Pillai	.780	261.993 ^b	1.000	74.000	<.001
	Lambda de Wilks	.220	261.993 ^b	1.000	74.000	<.001
	Traza de Hotelling	3.540	261.993 ^b	1.000	74.000	<.001
	Raíz mayor de Roy	3.540	261.993 ^b	1.000	74.000	<.001
Tiempo * Grupos	Traza de Pillai	.527	82.458 ^b	1.000	74.000	<.001
	Lambda de Wilks	.473	82.458 ^b	1.000	74.000	<.001
	Traza de Hotelling	1.114	82.458 ^b	1.000	74.000	<.001
	Raíz mayor de Roy	1.114	82.458 ^b	1.000	74.000	<.001

a. Diseño : Intersección + Grupos

Diseño intra-sujetos: Tiempo

b. Estadístico exacto

Tabla 36. Efectos intra-sujetos sobre conocimientos en histología y anatomía mamaria normal tras intervención con simulación

Pruebas de efectos intra-sujetos

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tiempo	Esfericidad asumida	180.535	1	180.535	261.993	<.001
	Greenhouse-Geisser	180.535	1.000	180.535	261.993	<.001
	Huynh-Feldt	180.535	1.000	180.535	261.993	<.001
	Límite inferior	180.535	1.000	180.535	261.993	<.001
Tiempo Grupos	* Esfericidad asumida	56.821	1	56.821	82.458	<.001
	Greenhouse-Geisser	56.821	1.000	56.821	82.458	<.001
	Huynh-Feldt	56.821	1.000	56.821	82.458	<.001
	Límite inferior	56.821	1.000	56.821	82.458	<.001
Error(Tiempo)	Esfericidad asumida	50.992	74	.689		

Greenhouse-Geisser	50.992	74.000 .689
Huynh-Feldt	50.992	74.000 .689
Límite inferior	50.992	74.000 .689

Tabla 37. Medias marginales estimadas por grupo y tiempo en conocimientos de histología y anatomía mamaria

Medias marginales estimadas

Grupo	Tiempo	Media	Desv. Error	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
1	1	5.316	.295	4.728	5.904
	2	6.273	.273	5.728	6.817
2	1	4.632	.295	4.043	5.220
	2	8.034	.273	7.490	8.578

Tabla 38. Comparaciones por pares entre pretest y posttest dentro de cada grupo de conocimientos en histología y anatomía mamaria

Comparaciones por parejas

Tiempo	(I) Grupo	(J) Grupo	Diferencia medias (I-J)	Desv. Error	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
						Límite inferior	Límite superior
1	1	2	.684	.417	.105	-.148	1.516
	2	1	-.684	.417	.105	-1.516	.148
2	1	2	-1.761*	.386	<.001	-2.531	-.992
	2	1	1.761*	.386	<.001	.992	2.531

Se basa en medias marginales estimadas

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

Conocimiento en histología y anatomía normal

El análisis estadístico multivariado mostró efectos significativos y contundentes en la variable de conocimientos en histología y anatomía mamaria tras la intervención educativa basada en simulación. El efecto del tiempo fue altamente significativo, con un valor $F = 261.993$ y $p < .001$, respaldado por indicadores robustos como la Traza de Pillai (.780) y la Traza de Hotelling (3.540) (ver Tabla 35). Este resultado se refuerza en la prueba de efectos intra-sujetos (Tabla 36), donde el tamaño del efecto parcial (η^2_p) para

el tiempo fue de 0.78, lo que representa un efecto muy grande, explicando el 78% de la varianza en el cambio de conocimientos atribuible a la intervención. Además, la interacción tiempo $\times$ grupo fue también estadísticamente significativa ($F = 82.458$, $p < .001$), con un tamaño del efecto parcial de 0.53, lo que indica un efecto grande, evidenciando que la mejora fue mayor en el grupo que recibió simulación.

Las medias marginales estimadas (ver Tabla 37) confirmaron estos hallazgos: el grupo experimental (grupo 2) mejoró de una media de 4.632 en el pretest a 8.034 en el posttest, mientras que el grupo control pasó de 5.316 a 6.273. En las comparaciones por pares del posttest (ver Tabla 38), se observó una diferencia significativa entre los grupos, con una diferencia de medias de 1.761 ($p < .001$; IC 95%: 0.992 – 2.531), lo que demuestra la eficacia de la simulación como estrategia formativa. Estos resultados consolidan el impacto positivo de la simulación para el aprendizaje en anatomía e histología mamaria normal

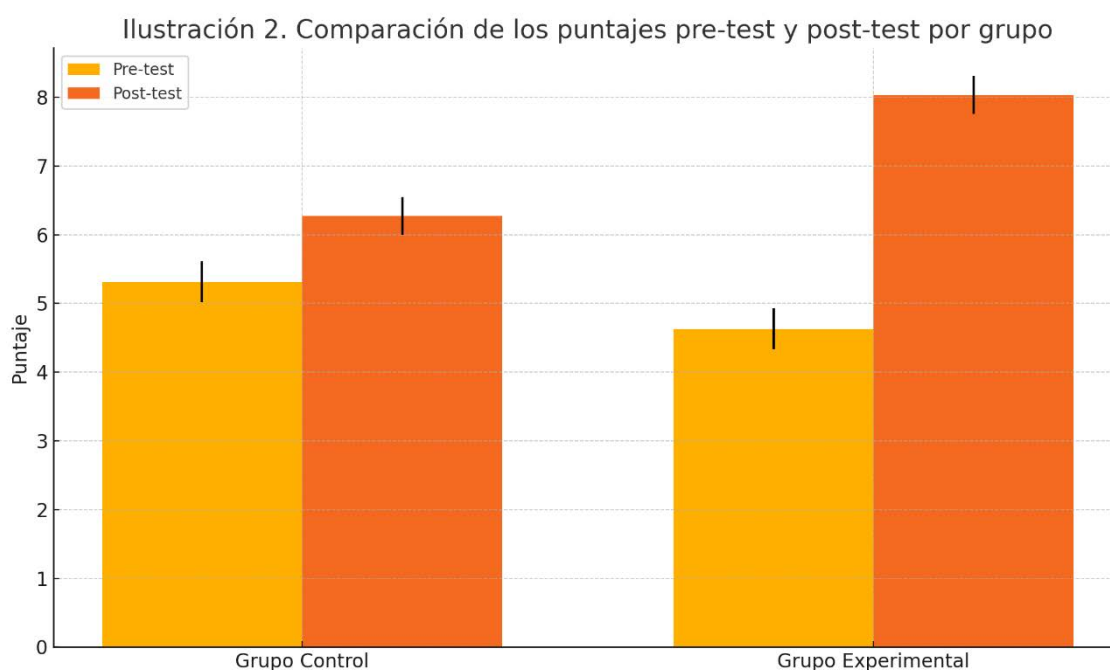


Ilustración 1. Comparación de los puntajes pre-test y post-test por grupo. Este gráfico muestra cómo el grupo experimental mejoró de manera significativa (de 4.632 a 8.034) – con sus intervalos de confianza – en comparación con el grupo control (de 5.316 a 6.273), tal como se observó en la Tabla 37. La diferencia de medias en el post-test fue estadísticamente significativa (ver Tabla 38).

CONOCIMIENTOS: PRINCIPIOS FÍSICOS DE ECOGRAFÍA

Tabla 39. Prueba multivariada (ANOVA) sobre conocimientos en principios físicos de ecografía tras la intervención con simulación.

Pruebas multivariante

Efecto		Valor F		gl de hipótesis	gl de error	Sig.
Tiempo	Traza de Pillai	.658	142.518 ^b	1.000	74.000	<.001
	Lambda de Wilks	.342	142.518 ^b	1.000	74.000	<.001
	Traza de Hotelling	1.926	142.518 ^b	1.000	74.000	<.001
	Raíz mayor de Roy	1.926	142.518 ^b	1.000	74.000	<.001
Tiempo * Grupos	Traza de Pillai	.268	27.150 ^b	1.000	74.000	<.001
	Lambda de Wilks	.732	27.150 ^b	1.000	74.000	<.001
	Traza de Hotelling	.367	27.150 ^b	1.000	74.000	<.001
	Raíz mayor de Roy	.367	27.150 ^b	1.000	74.000	<.001

a. Diseño : Intersección + Grupos

Diseño intra-sujetos: Tiempo

b. Estadístico exacto

Tabla 40. Efectos intra-sujetos en el conocimiento sobre principios físicos de ecografía tras la intervención con simulación.

Pruebas de efectos intra-sujetos

Origen		Tipo III de suma de cuadrados		gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tiempo	Esfericidad asumida	124.492		1	124.492	142.518	<.001
	Greenhouse-Geisser	124.492		1.000	124.492	142.518	<.001
	Huynh-Feldt	124.492		1.000	124.492	142.518	<.001
	Límite inferior	124.492		1.000	124.492	142.518	<.001
Tiempo Grupos	* Esfericidad asumida	23.716		1	23.716	27.150	<.001
	Greenhouse-Geisser	23.716		1.000	23.716	27.150	<.001
	Huynh-Feldt	23.716		1.000	23.716	27.150	<.001
	Límite inferior	23.716		1.000	23.716	27.150	<.001
Error(Tiempo)	Esfericidad asumida	64.640		74	.874		
	Greenhouse-Geisser	64.640		74.000	.874		
	Huynh-Feldt	64.640		74.000	.874		
	Límite inferior	64.640		74.000	.874		

Tabla 41. Medias marginales estimadas por grupo y momento en conocimientos sobre principios físicos de ecografía.

Medias marginales estimadas

Grupo	Tiempo	Media	Desv. Error	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
1	1	3.789	.352	3.089	4.490
	2	4.809	.278	4.256	5.363
2	1	4.474	.352	3.773	5.174
	2	7.074	.278	6.520	7.627

Tabla 42. Comparaciones por pares entre pretest y posttest dentro de cada grupo cada grupo en conocimientos sobre principios físicos de ecografía.

Comparaciones por parejas

Grupo	(I) Tiempo	(J) Tiempo	Diferencia medias (I-J)	de Desv. Error	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
						Límite inferior	Límite superior
1	1	2	-1.020*	.214	<.001	-1.447	-.593
	2	1	1.020*	.214	<.001	.593	1.447
2	1	2	-2.600*	.214	<.001	-3.027	-2.173
	2	1	2.600*	.214	<.001	2.173	3.027

Se basa en medias marginales estimadas

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

Conocimientos en Principios Físicos de Ecografía

Los resultados del análisis multivariado mostraron efectos significativos del tiempo sobre el conocimiento en principios físicos de ecografía, con valores altamente significativos en todos los estadísticos: Traza de Pillai = .658, $F(1,74) = 142.518$, $p < .001$ (Tabla 39). Asimismo, la interacción entre el tiempo y el grupo también fue significativa, con $F(1,74) = 27.150$, $p < .001$, lo cual confirma diferencias en la magnitud del cambio entre los grupos evaluados (Tabla 39).

Las pruebas intra-sujeto respaldaron estos hallazgos, mostrando un efecto robusto del tiempo ($F = 142.518$, $p < .001$) y de la interacción tiempo $\times$ grupo ($F = 27.150$, $p < .001$) (Tabla 40). Las comparaciones por pares revelaron un aumento de 2.600 puntos en el grupo experimental entre el pretest y posttest, diferencia estadísticamente significativa

($p < .001$) (Tabla 42). Las medias marginales confirmaron este incremento con valores medios de 4.474 a 7.074 en el grupo intervenido (Tabla 41).

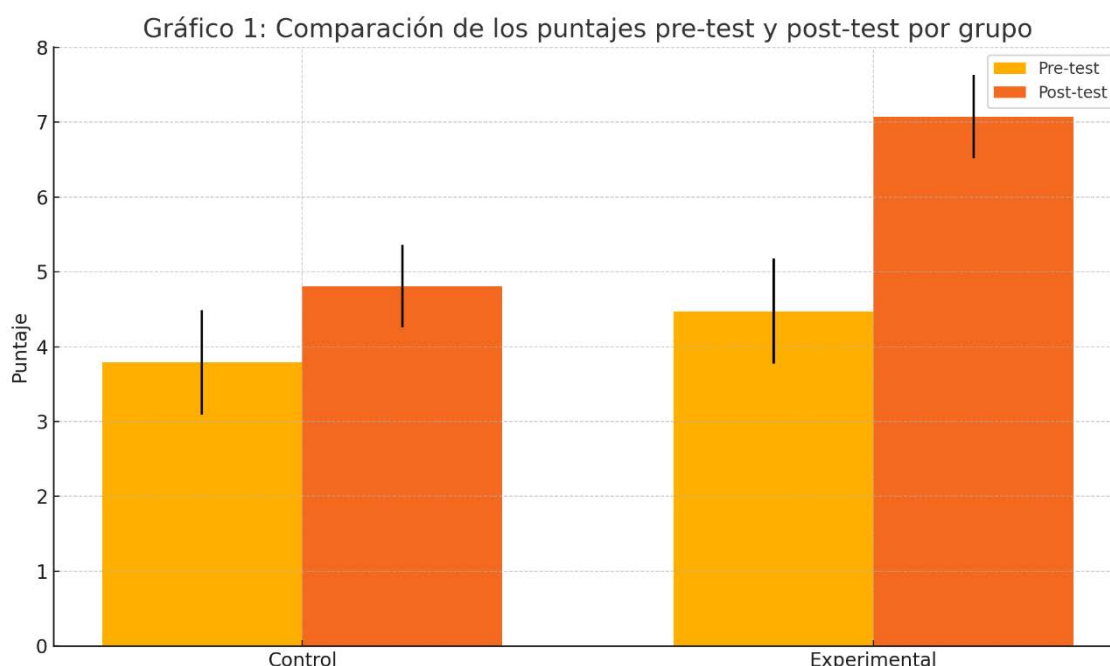


Ilustración 2. Comparación de los puntajes pre-test y post-test por grupo
Este gráfico muestra las medias de los puntajes en el pre-test y post-test de ambos grupos, con sus intervalos de confianza, lo que permite observar las mejoras relativas de cada grupo.

ANATOMÍA ECOGRÁFICA LA MAMA NORMAL

Tabla 43. Prueba multivariada (ANOVA) sobre conocimientos en anatomía ecográfica de la mama normal tras intervención con simulación.

Pruebas multivariante

Efecto		Valor F		gl de hipótesis	gl de error	Sig.
Tiempo	Traza de Pillai	.600	110.826 ^b	1.000	74.000	<.001
	Lambda de Wilks	.400	110.826 ^b	1.000	74.000	<.001
	Traza de Hotelling	1.498	110.826 ^b	1.000	74.000	<.001
	Raíz mayor de Roy	1.498	110.826 ^b	1.000	74.000	<.001
Tiempo * Grupos	Traza de Pillai	.436	57.265 ^b	1.000	74.000	<.001
	Lambda de Wilks	.564	57.265 ^b	1.000	74.000	<.001
	Traza de Hotelling	.774	57.265 ^b	1.000	74.000	<.001
	Raíz mayor de Roy	.774	57.265 ^b	1.000	74.000	<.001

a. Diseño : Intersección + Grupos

Diseño intra-sujetos: Tiempo

b. Estadístico exacto

Tabla 44. Efectos intra-sujetos sobre conocimientos en anatomía ecográfica de la mama normal por grupo y tiempo.

Pruebas de efectos intra-sujetos

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tiempo	Esfericidad asumida	135.287	1	135.287	110.826	<.001
	Greenhouse-Geisser	135.287	1.000	135.287	110.826	<.001
	Huynh-Feldt	135.287	1.000	135.287	110.826	<.001
	Límite inferior	135.287	1.000	135.287	110.826	<.001
Tiempo Grupos	* Esfericidad asumida	69.905	1	69.905	57.265	<.001
	Greenhouse-Geisser	69.905	1.000	69.905	57.265	<.001
	Huynh-Feldt	69.905	1.000	69.905	57.265	<.001
	Límite inferior	69.905	1.000	69.905	57.265	<.001
Error(Tiempo)	Esfericidad asumida	90.333	74	1.221		
	Greenhouse-Geisser	90.333	74.000	1.221		
	Huynh-Feldt	90.333	74.000	1.221		
	Límite inferior	90.333	74.000	1.221		

Tabla 45. Medias marginales estimadas de los conocimientos en anatomía ecográfica mamaria según grupo y momento de evaluación.

Medias marginales estimadas

		Intervalo de confianza al 95%			
Grupo	Tiempo	Media	Desv. Error	Límite inferior	Límite superior
1	1	3.789	.352	3.089	4.490
	2	4.320	.299	3.724	4.916
2	1	4.579	.352	3.878	5.279
	2	7.822	.299	7.226	8.418

Tabla 46. Comparaciones por pares de conocimientos pretest y posttest en anatomía ecográfica de la mama normal según grupo
Comparaciones por parejas

Grupo	(I) Tiempo	(J) Tiempo	Diferencia medias (I-J)	de Desv. Error	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
						Límite inferior	Límite superior
1	1	2	-.531*	.253	.040	-1.036	-.025
	2	1	.531*	.253	.040	.025	1.036
2	1	2	-3.243*	.253	<.001	-3.748	-2.738
	2	1	3.243*	.253	<.001	2.738	3.748

Se basa en medias marginales estimadas

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

Conocimientos de Anatomía ecográfica de la mama normal

Los resultados estadísticos muestran un efecto principal del tiempo altamente significativo sobre el conocimiento en anatomía ecográfica mamaria normal ($F = 110.826$, $p < .001$), lo cual indica una mejora general entre las mediciones pretest y posttest, independientemente del grupo (ver Tabla 43). El tamaño del efecto parcial asociado a este cambio fue considerable ($\eta^2_p = 0.60$), lo que implica que el 60 % de la varianza observada en las puntuaciones puede atribuirse al paso del tiempo en la intervención (ver Tabla 44).

Asimismo, la interacción entre tiempo y grupo también fue estadísticamente significativa ($F = 57.265$, $p < .001$), lo que evidencia diferencias en la magnitud de mejora entre los grupos. El tamaño del efecto parcial para esta interacción fue de $\eta^2_p = 0.44$, lo que representa un efecto fuerte del grupo en combinación con el tiempo sobre los resultados (ver Tabla 44). Estos hallazgos se refuerzan por las comparaciones por pares, donde el grupo experimental evidenció una mejora de 3.243 puntos ($p < .001$; IC 95%: 2.738–3.748), frente a 0.531 puntos en el grupo control ($p = .040$) (ver Tabla 46).

Gráfico 3. Comparación de conocimientos pre y postest en anatomía ecográfica de la mama

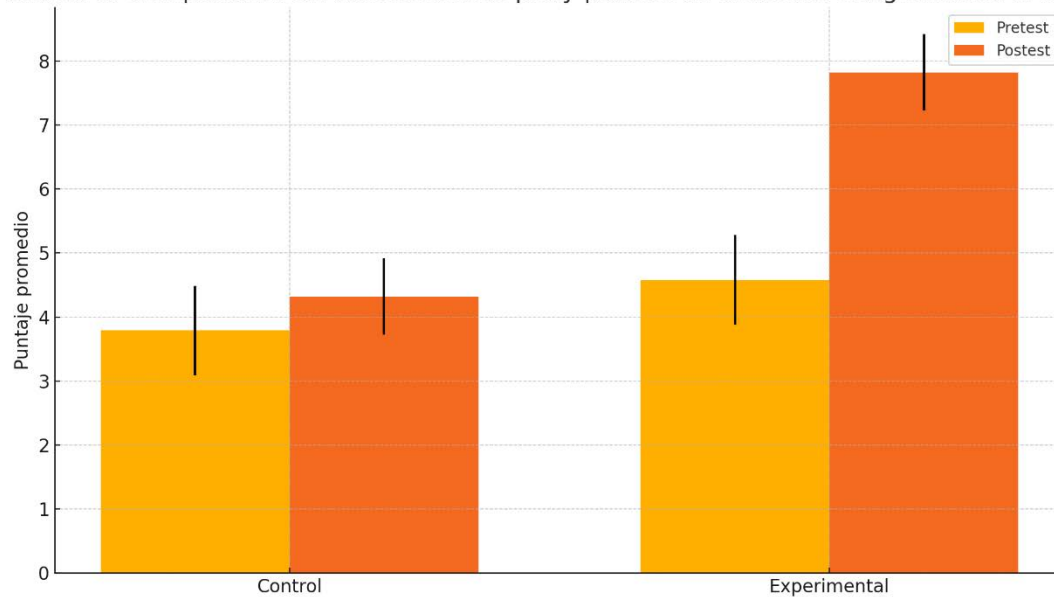


Ilustración 3. Comparación de conocimientos pre y postest en anatomía ecográfica de la mama, que visualiza las medias con sus respectivos intervalos de confianza al 95% para ambos grupos (control y experimental), permitiendo identificar diferencias estadísticamente significativas tras la intervención.

ECOGRAFÍA HALLAZGOS BENIGNOS Y SOSPECHA MAMARIOS

Tabla 47. Prueba multivariada (ANOVA) sobre conocimientos en hallazgos ecográficos benignos y sospechosos en mama.

Pruebas multivariante

Efecto		Valor	F	gl de hipótesis	gl de error	Sig.
Tiempo	Traza de Pillai	.666	147.614 ^b	1.000	74.000	<.001
	Lambda de Wilks	.334	147.614 ^b	1.000	74.000	<.001
	Traza de Hotelling	1.995	147.614 ^b	1.000	74.000	<.001
	Raíz mayor de Roy	1.995	147.614 ^b	1.000	74.000	<.001
Grupos	* Traza de Pillai	.325	35.660 ^b	1.000	74.000	<.001
	Lambda de Wilks	.675	35.660 ^b	1.000	74.000	<.001
	Traza de Hotelling	.482	35.660 ^b	1.000	74.000	<.001
	Raíz mayor de Roy	.482	35.660 ^b	1.000	74.000	<.001

a. Diseño : Intersección + Grupos

Diseño intra-sujetos: Tiempo

b. Estadístico exacto

Tabla 48. Efectos intra-sujetos en conocimientos sobre hallazgos ecográficos benignos y sospechosos.

Pruebas de efectos intra-sujetos

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tiempo	Esfericidad asumida	216.033	1	216.033	147.614	<.001
	Greenhouse-Geisser	216.033	1.000	216.033	147.614	<.001
	Huynh-Feldt	216.033	1.000	216.033	147.614	<.001
	Límite inferior	216.033	1.000	216.033	147.614	<.001
Tiempo Grupos	* Esfericidad asumida	52.189	1	52.189	35.660	<.001
	Greenhouse-Geisser	52.189	1.000	52.189	35.660	<.001
	Huynh-Feldt	52.189	1.000	52.189	35.660	<.001
	Límite inferior	52.189	1.000	52.189	35.660	<.001
Error(Tiempo)	Esfericidad asumida	108.299	74	1.463		
	Greenhouse-Geisser	108.299	74.000	1.463		
	Huynh-Feldt	108.299	74.000	1.463		
	Límite inferior	108.299	74.000	1.463		

Tabla 49. Medias marginales estimadas en conocimientos pretest y postest sobre hallazgos ecográficos benignos y sospechosos.

Medias marginales estimadas

		Intervalo de confianza al 95%			
Grupo	Tiempo	Media	Desv. Error	Límite inferior	Límite superior
1	1	4.316	.326	3.665	4.966
	2	5.528	.268	4.995	6.062
2	1	4.702	.326	4.051	5.352
	2	8.258	.268	7.725	8.791

Tabla 50. Comparaciones por pares entre grupos durante el posttest de conocimientos en hallazgos ecográficos.

Comparaciones por parejas

Grupo	(I) Tiempo	(J) Tiempo	Diferencia medias (I-J)	Desv. Error	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
						Límite inferior	Límite superior
1	1	2	-1.212*	.278	<.001	-1.765	-.659
	2	1	1.212*	.278	<.001	.659	1.765
2	1	2	-3.556*	.278	<.001	-4.109	-3.003
	2	1	3.556*	.278	<.001	3.003	4.109

Se basa en medias marginales estimadas

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

Conocimientos de interpretación de hallazgos benignos y de sospecha por ecografía mamaria.

La interpretación estadística de los datos presentados en las Tablas 47 y 48 demuestra efectos altamente significativos del tiempo y de la interacción tiempo $\times$ grupo sobre los conocimientos en hallazgos ecográficos mamarios benignos y sospechosos. En la Tabla 47, los valores F del efecto del tiempo fueron elevados ($F = 147.614$; $p < .001$), con una traza de Pillai de .666, indicando un tamaño del efecto parcial $\eta^2_p = .666$, lo que corresponde a un efecto muy grande. Asimismo, la interacción tiempo $\times$ grupo también fue significativa ($F = 35.660$; $p < .001$; $\eta^2_p = .325$), sugiriendo que la mejora del conocimiento difirió notablemente entre los grupos (Tabla 48).

En cuanto a las medias marginales estimadas (Tabla 49), el grupo control aumentó su puntaje promedio de 4.316 (IC 95 %: 3.665–4.966) a 5.528 (IC 95 %: 4.995–6.062), mientras que el grupo experimental lo hizo de 4.702 (IC 95 %: 4.051–5.352) a 8.258 (IC 95 %: 7.725–8.791), reflejando una mejora más pronunciada. Las comparaciones por pares (Tabla 50) confirmaron estos cambios: el grupo control presentó una diferencia significativa de 1.212 ($p < .001$), mientras que el grupo experimental alcanzó una diferencia aún mayor de 3.556 ($p < .001$). Estos valores refuerzan cuantitativamente que la intervención tuvo un impacto estadísticamente robusto sobre la mejora en los conocimientos evaluados.

Gráfico 4. Comparación de los puntajes medios entre pretest y posttest en ambos grupos

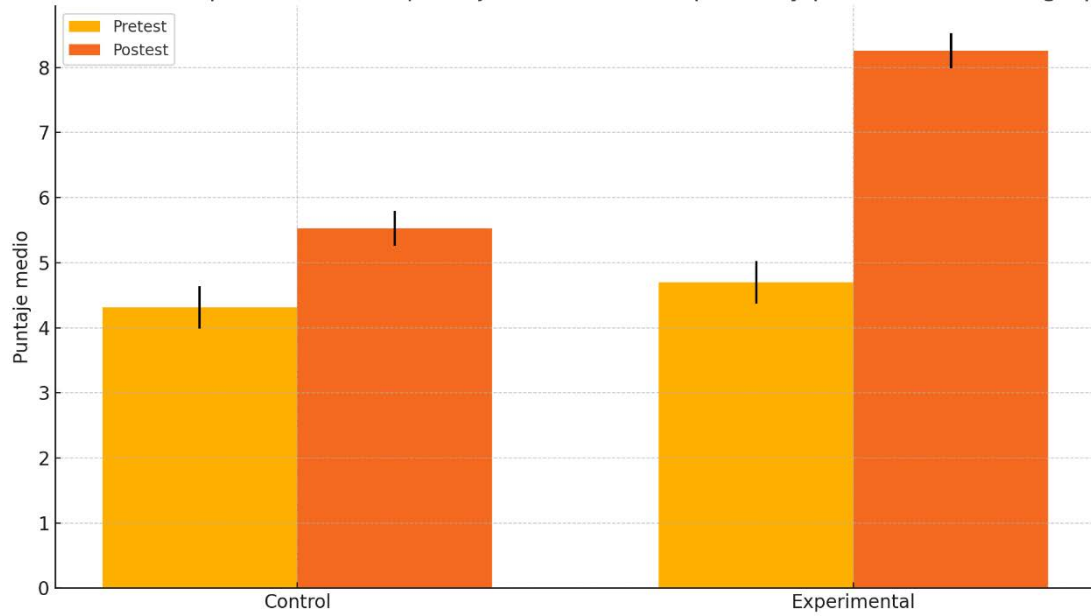


Ilustración 4. , que representa la comparación de los puntajes medios entre pretest y posttest para el grupo control y el grupo experimental. Las barras incluyen los intervalos de confianza ($\pm$ error estándar), permitiendo visualizar claramente que la mejora en el grupo experimental (de 4.702 a 8.258) fue notablemente mayor que en el grupo control (de 4.316 a 5.528).

ANÁLISIS DEL SEGUNDO GRUPO DE VARIABLES DE AUTOPERCEPCIÓN EN LA FASE SIMULACIÓN

Puedo identificar mejor la física de la ecografía.

Tabla 51. Prueba multivariada (ANOVA) sobre la autopercepción de identificar mejor la física del ecógrafo.

Efecto		Valor F		gl de hipótesis	gl de error	Sig.
Tiempo	Traza de Pillai	.807	310.385 ^b	1.000	74.000	<.001
	Lambda de Wilks	.193	310.385 ^b	1.000	74.000	<.001
	Traza de Hotelling	4.194	310.385 ^b	1.000	74.000	<.001
	Raíz mayor de Roy	4.194	310.385 ^b	1.000	74.000	<.001
Tiempo * Grupos	Traza de Pillai	.119	9.995 ^b	1.000	74.000	.002
	Lambda de Wilks	.881	9.995 ^b	1.000	74.000	.002
	Traza de Hotelling	.135	9.995 ^b	1.000	74.000	.002
	Raíz mayor de Roy	.135	9.995 ^b	1.000	74.000	.002

a. Diseño : Intersección + Grupos

Diseño intra-sujetos: Tiempo

b. Estadístico exacto

Tabla 52. Efectos intra-sujetos en la autopercepción de identificar mejor la física del ecógrafo.

Origen		Tipo III de suma de cuadrados		Media cuadrática	F	Sig.
Tiempo	Esfericidad asumida	291.332	1	291.332	310.385	<.001
	Greenhouse-Geisser	291.332	1.000	291.332	310.385	<.001
	Huynh-Feldt	291.332	1.000	291.332	310.385	<.001
	Límite inferior	291.332	1.000	291.332	310.385	<.001
Tiempo Grupos	* Esfericidad asumida	9.381	1	9.381	9.995	.002
	Greenhouse-Geisser	9.381	1.000	9.381	9.995	.002
	Huynh-Feldt	9.381	1.000	9.381	9.995	.002
	Límite inferior	9.381	1.000	9.381	9.995	.002
Error(Tiempo)	Esfericidad asumida	69.457	74	.939		
	Greenhouse-Geisser	69.457	74.000	.939		
	Huynh-Feldt	69.457	74.000	.939		
	Límite inferior	69.457	74.000	.939		

Tabla 53. Medias marginales estimadas en la autopercepción sobre física del ecógrafo.
Medias marginales estimadas

Grupo	Tiempo	Media	Desv. Error	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
1	1	2.684	.227	2.233	3.136
	2	4.956	.235	4.488	5.424
2	1	2.684	.227	2.233	3.136
	2	5.950	.235	5.482	6.418

Tabla 54. Comparaciones por pares en la autopercepción sobre física del ecógrafo.
Comparaciones por parejas

Grupo	(I) Tiempo	(J) Tiempo	Diferencia medias (I-J)	de Desv. Error	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
						Límite inferior	Límite superior
1	1	2	-2.272*	.222	<.001	-2.715	-1.829
	2	1	2.272*	.222	<.001	1.829	2.715
2	1	2	-3.266*	.222	<.001	-3.709	-2.823
	2	1	3.266*	.222	<.001	2.823	3.709

Se basa en medias marginales estimadas

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

Puedo identificar mejor la física de la ecografía.

Los resultados de la prueba multivariada (Tabla 51) indican un efecto principal significativo del tiempo sobre la autopercepción de identificar mejor la física del ecógrafo ($F = 310.385$, $p < .001$), con un tamaño del efecto parcial $\eta^2 = .807$. Este valor sugiere un efecto muy grande, según los criterios convencionales ($\eta^2 \geq .14$), lo que implica que el 80.7 % de la varianza en las puntuaciones se explica por el cambio entre pretest y posttest. La interacción entre tiempo y grupo también fue significativa ($F = 9.995$, $p = .002$), con η^2 parcial = .119, lo que representa un efecto moderado, indicando que un 11.9 % de la varianza en el cambio se atribuye a diferencias entre grupos.

Las pruebas de efectos intra-sujetos (Tabla 52) confirman la significación del tiempo y la interacción. En las medias marginales estimadas (Tabla 53), el grupo experimental mejoró de 2.684 a 5.950, mientras que el grupo control pasó de 2.684 a 4.956. Las comparaciones por pares (Tabla 54) muestran una diferencia significativa dentro de cada grupo ($p < .001$), siendo mayor en el experimental (diferencia de medias = 3.266).

Este patrón respalda que la intervención basada en simulación tuvo un efecto diferencial significativo sobre la autopercepción, en comparación con la instrucción convencional.

Tengo una mejor comprensión de cómo utilizar el ecógrafo (Knobología).

Tabla 55. Prueba multivariada (ANOVA) sobre la comprensión del uso del ecógrafo.
Pruebas multivariante

Efecto		Valor	F	gl de hipótesis	gl de error	Sig.
Tiempo	Traza de Pillai	.874	514.982 ^b	1.000	74.000	<.001
	Lambda de Wilks	.126	514.982 ^b	1.000	74.000	<.001
	Traza de Hotelling	6.959	514.982 ^b	1.000	74.000	<.001
	Raíz mayor de Roy	6.959	514.982 ^b	1.000	74.000	<.001
Tiempo Grupos	* Traza de Pillai	.489	70.751 ^b	1.000	74.000	<.001
	Lambda de Wilks	.511	70.751 ^b	1.000	74.000	<.001
	Traza de Hotelling	.956	70.751 ^b	1.000	74.000	<.001
	Raíz mayor de Roy	.956	70.751 ^b	1.000	74.000	<.001

a. Diseño : Intersección + Grupos

Diseño intra-sujetos: Tiempo

b. Estadístico exacto

Tabla 56. Efectos intra-sujetos en la comprensión del uso del ecógrafo.

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tiempo	Esfericidad asumida	516.372	1	516.372	514.982	<.001
	Greenhouse-Geisser	516.372	1.000	516.372	514.982	<.001
	Huynh-Feldt	516.372	1.000	516.372	514.982	<.001
	Límite inferior	516.372	1.000	516.372	514.982	<.001
Tiempo Grupos	* Esfericidad asumida	70.942	1	70.942	70.751	<.001
	Greenhouse-Geisser	70.942	1.000	70.942	70.751	<.001
	Huynh-Feldt	70.942	1.000	70.942	70.751	<.001
	Límite inferior	70.942	1.000	70.942	70.751	<.001
Error(Tiempo)	Esfericidad asumida	74.200	74	1.003		
	Greenhouse-Geisser	74.200	74.000	1.003		
	Huynh-Feldt	74.200	74.000	1.003		
	Límite inferior	74.200	74.000	1.003		

Tabla 57. Medias marginales estimadas en la comprensión del uso del ecógrafo.
Medias marginales estimadas

		Intervalo de confianza al 95%			
Grupo	Tiempo	Media	Desv. Error	Límite inferior	Límite superior
1	1	1.895	.168	1.561	2.229
	2	4.215	.198	3.821	4.608
2	1	2.737	.168	2.403	3.071
	2	7.789	.198	7.396	8.183

Tabla 58. Comparaciones por pares en la comprensión del uso del ecógrafo
Comparaciones por parejas

				95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
(I) Grupo	(J) Tiempo	Diferencia medias (I-J)	de Desv. Error	Sig. ^b	Límite inferior Límite superior
1	1 2	-2.320*	.230	<.001	-2.778 -1.862
	2 1	2.320*	.230	<.001	1.862 2.778
2	1 2	-5.053*	.230	<.001	-5.510 -4.595
	2 1	5.053*	.230	<.001	4.595 5.510

Se basa en medias marginales estimadas

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

Tengo una mejor comprensión de cómo utilizar el ecógrafo (Knobología).

Los resultados multivariados (Tabla 55) evidencian un efecto significativo del tiempo en la autopercepción sobre la comprensión del uso del ecógrafo ($F = 514.982$, $p < .001$), con un efecto parcial $\eta^2 = .874$, lo cual indica un efecto considerable, explicando el 87.4 % de la varianza del cambio pretest-posttest. La interacción tiempo * grupo también fue significativa ($F = 70.751$, $p < .001$), con un η^2 parcial = .489, lo que representa un efecto significativo, indicando que el 48.9 % de la mejora difiere significativamente entre grupos.

En la Tabla 57, las medias marginales muestran un incremento sustancial en ambos grupos, siendo más pronunciado en el grupo experimental (de 2.737 a 7.789) frente al control (de 1.895 a 4.215). Las comparaciones por pares (Tabla 58) confirmaron mejoras significativas en ambos grupos ($p < .001$), siendo mayor la magnitud del cambio en el grupo experimental (diferencia de medias = 5.053). Estos hallazgos estadísticos

cuantifican con claridad el fuerte impacto de la intervención práctica sobre la autopercepción del manejo del ecógrafo.

Puedo identificar de mejor manera la anatomía e histología normal de la mama.

Tabla 59. Prueba multivariada (ANOVA) sobre la identificación de anatomía e histología normal mamaria.

Pruebas multivariante

Efecto		Valor F		gl de hipótesis	gl de error	Sig.
Tiempo	Traza de Pillai	.801	297.909 ^b	1.000	74.000	<.001
	Lambda de Wilks	.199	297.909 ^b	1.000	74.000	<.001
	Traza de Hotelling	4.026	297.909 ^b	1.000	74.000	<.001
	Raíz mayor de Roy	4.026	297.909 ^b	1.000	74.000	<.001
Tiempo * Grupos	Traza de Pillai	.449	60.408 ^b	1.000	74.000	<.001
	Lambda de Wilks	.551	60.408 ^b	1.000	74.000	<.001
	Traza de Hotelling	.816	60.408 ^b	1.000	74.000	<.001
	Raíz mayor de Roy	.816	60.408 ^b	1.000	74.000	<.001

a. Diseño : Intersección + Grupos

Diseño intra-sujetos: Tiempo

b. Estadístico exacto

Tabla 60. Efectos intra-sujetos en la identificación de anatomía e histología normal mamaria.

Pruebas de efectos intra-sujetos

Origen		Tipo III de suma de cuadrados		Media cuadrática	F	Sig.
Tiempo	Esfericidad asumida	485.971	1	485.971	297.909	<.001
	Greenhouse-Geisser	485.971	1.000	485.971	297.909	<.001
	Huynh-Feldt	485.971	1.000	485.971	297.909	<.001
	Límite inferior	485.971	1.000	485.971	297.909	<.001
Tiempo Grupos	* Esfericidad asumida	98.542	1	98.542	60.408	<.001
	Greenhouse-Geisser	98.542	1.000	98.542	60.408	<.001
	Huynh-Feldt	98.542	1.000	98.542	60.408	<.001
	Límite inferior	98.542	1.000	98.542	60.408	<.001
Error(Tiempo)	Esfericidad asumida	120.714	74	1.631		

Greenhouse-Geisser	120.714	74.000 1.631
Huynh-Feldt	120.714	74.000 1.631
Límite inferior	120.714	74.000 1.631

Tabla 61. Medias marginales estimadas en la identificación de anatomía e histología normal mamaria.

Medias marginales estimadas

		Intervalo de confianza al 95%			
Grupo	Tiempo	Media	Desv. Error	Límite inferior	Límite superior
1	1	3.684	.280	3.126	4.242
	2	5.650	.183	5.285	6.015
2	1	3.066	.280	2.508	3.624
	2	8.253	.183	7.888	8.618

Tabla 62. Comparaciones por pares en anatomía e histología normal mamaria.

Comparaciones por parejas

				95% de intervalo de confianza para diferencia ^b		
(I) Grupo	(J) Tiempo	Diferencia medias (I-J)	de Desv. Error	Sig. ^b	Límite inferior	Límite superior
1	1	-1.966*	.293	<.001	-2.550	-1.382
	2	1.966*	.293	<.001	1.382	2.550
2	1	-5.186*	.293	<.001	-5.770	-4.603
	2	5.186*	.293	<.001	4.603	5.770

Se basa en medias marginales estimadas

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

Puedo identificar de mejor manera la anatomía e histología normal de la mama.

Los resultados presentados en la Tabla 59 indican un efecto estadísticamente significativo del tiempo en la autopercepción sobre la identificación de la anatomía e histología normal de la mama ($F = 297.909$, $p < .001$), con un tamaño del efecto parcial $\eta^2 = .801$. Este valor sugiere que aproximadamente el 80.1 % de la varianza observada en las puntuaciones puede atribuirse al paso del tiempo, es decir, a la intervención. La interacción entre tiempo y grupo también fue significativa ($F = 60.408$, $p < .001$), con un η^2 parcial = .449, lo que representa un tamaño del efecto grande en términos de diferencias entre grupos.

En la Tabla 61 se observa que las medias marginales del grupo experimental aumentaron de 3.066 a 8.253, mientras que en el grupo control pasaron de 3.684 a 5.650. La Tabla 62 confirma diferencias estadísticamente significativas en ambos grupos entre pretest y posttest ($p < .001$), siendo más pronunciadas en el grupo experimental (diferencia de medias = 5.186). Los intervalos de confianza excluyen el valor cero, lo que refuerza la validez de los cambios observados. Estos resultados reflejan un impacto diferencial positivo en la autopercepción del grupo experimental.

Puedo identificar adecuadamente los hallazgos benignos de las lesiones mamarias.

Tabla 63. Prueba multivariada (ANOVA) sobre la identificación de hallazgos benignos en lesiones mamarias.

Pruebas multivariante

Efecto		Valor	F	gl de hipótesis	gl de error	Sig.
Tiempo	Traza de Pillai	.814	322.811 ^b	1.000	74.000	<.001
	Lambda de Wilks	.186	322.811 ^b	1.000	74.000	<.001
	Traza de Hotelling	4.362	322.811 ^b	1.000	74.000	<.001
	Raíz mayor de Roy	4.362	322.811 ^b	1.000	74.000	<.001
Tiempo	* Traza de Pillai	.450	60.447 ^b	1.000	74.000	<.001
Grupos	Lambda de Wilks	.550	60.447 ^b	1.000	74.000	<.001
	Traza de Hotelling	.817	60.447 ^b	1.000	74.000	<.001
	Raíz mayor de Roy	.817	60.447 ^b	1.000	74.000	<.001

a. Diseño : Intersección + Grupos

Diseño intra-sujetos: Tiempo

b. Estadístico exacto

Tabla 64. Efectos intra-sujetos en la identificación de hallazgos benignos en lesiones mamarias.

Pruebas de efectos intra-sujetos

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tiempo	Esfericidad asumida	497.533	1	497.533	322.811	<.001
	Greenhouse-Geisser	497.533	1.000	497.533	322.811	<.001
	Huynh-Feldt	497.533	1.000	497.533	322.811	<.001
	Límite inferior	497.533	1.000	497.533	322.811	<.001
Tiempo	* Esfericidad asumida	93.164	1	93.164	60.447	<.001
Grupos						

	Greenhouse-Geisser	93.164	1.000	93.164	60.447	<.001
	Huynh-Feldt	93.164	1.000	93.164	60.447	<.001
	Límite inferior	93.164	1.000	93.164	60.447	<.001
Error(Tiempo)	Esfericidad asumida	114.053	74	1.541		
	Greenhouse-Geisser	114.053	74.000	1.541		
	Huynh-Feldt	114.053	74.000	1.541		
	Límite inferior	114.053	74.000	1.541		

Tabla 65. Medias marginales estimadas en la identificación de hallazgos benignos mamarios.

Medias marginales estimadas

Grupo	Tiempo	Media	Desv. Error	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
1	1	3.421	.250	2.923	3.919
	2	5.474	.157	5.162	5.786
2	1	2.789	.250	2.292	3.287
	2	7.974	.157	7.662	8.286

Tabla 66. Comparaciones por pares en hallazgos benignos mamarios.

Comparaciones por parejas

Grupo	(I) Tiempo	(J) Tiempo	Diferencia medias (I-J)	de Desv. Error	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
						Límite inferior	Límite superior
1	1	2	-2.053*	.285	<.001	-2.620	-1.485
	2	1	2.053*	.285	<.001	1.485	2.620
2	1	2	-5.184*	.285	<.001	-5.752	-4.617
	2	1	5.184*	.285	<.001	4.617	5.752

Se basa en medias marginales estimadas

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

Puedo identificar adecuadamente los hallazgos benignos de las lesiones mamarias.

En la Tabla 63, se observa un efecto significativo del tiempo en la autopercepción sobre la identificación de hallazgos benignos en lesiones mamarias ($F = 322.811$, $p < .001$), con un tamaño del efecto parcial $\eta^2 = .814$. Esto indica que el 81.4 % de la varianza en los

puntajes se explica por el cambio temporal. Asimismo, la interacción tiempo*grupo también fue significativa ($F = 60.447$, $p < .001$), con un efecto parcial $\eta^2 = .450$, lo que representa un tamaño del efecto grande, y sugiere que la intervención tuvo un impacto diferencial según el grupo.

Según las medias marginales estimadas (Tabla 65), el grupo experimental mostró un incremento de 2.789 a 7.974, mientras que el grupo control pasó de 3.421 a 5.474. La Tabla 66 muestra que las diferencias pre-post en ambos grupos fueron estadísticamente significativas ($p < .001$), siendo mayor la diferencia en el grupo experimental ($\Delta = 5.184$). Los intervalos de confianza en todos los casos excluyen el cero, lo que respalda la solidez estadística de las mejoras observadas.

Puedo identificar adecuadamente los hallazgos malignos de las lesiones mamarias.

Tabla 67. Prueba multivariada (ANOVA) sobre la identificación de hallazgos malignos en lesiones mamarias.

Pruebas multivariante

Efecto		Valor	F	gl de hipótesis	gl de error	Sig.
Tiempo	Traza de Pillai	.835	373.384 ^b	1.000	74.000	<.001
	Lambda de Wilks	.165	373.384 ^b	1.000	74.000	<.001
	Traza de Hotelling	5.046	373.384 ^b	1.000	74.000	<.001
	Raíz mayor de Roy	5.046	373.384 ^b	1.000	74.000	<.001
Grupos	* Traza de Pillai	.506	75.871 ^b	1.000	74.000	<.001
	Lambda de Wilks	.494	75.871 ^b	1.000	74.000	<.001
	Traza de Hotelling	1.025	75.871 ^b	1.000	74.000	<.001
	Raíz mayor de Roy	1.025	75.871 ^b	1.000	74.000	<.001

a. Diseño : Intersección + Grupos

Diseño intra-sujetos: Tiempo

Tabla 68. Efectos intra-sujetos en la identificación de hallazgos malignos en lesiones mamarias.

Pruebas de efectos intra-sujetos

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tiempo	Esfericidad asumida	588.756	1	588.756	373.384	<.001
	Greenhouse-Geisser	588.756	1.000	588.756	373.384	<.001
	Huynh-Feldt	588.756	1.000	588.756	373.384	<.001
	Límite inferior	588.756	1.000	588.756	373.384	<.001
Tiempo Grupos	* Esfericidad asumida	119.634	1	119.634	75.871	<.001
	Greenhouse-Geisser	119.634	1.000	119.634	75.871	<.001
	Huynh-Feldt	119.634	1.000	119.634	75.871	<.001
	Límite inferior	119.634	1.000	119.634	75.871	<.001
Error(Tiempo)	Esfericidad asumida	116.684	74	1.577		
	Greenhouse-Geisser	116.684	74.000	1.577		
	Huynh-Feldt	116.684	74.000	1.577		
	Límite inferior	116.684	74.000	1.577		

Tabla 69. Medias marginales estimadas en la identificación de hallazgos malignos mamarios.

Medias marginales estimadas

Grupo	Tiempo	Media	Desv. Error	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
1	1	3.789	.183	3.425	4.154
	2	5.951	.213	5.527	6.376
2	1	2.895	.183	2.531	3.259
	2	8.605	.213	8.181	9.030

Tabla 70. Comparaciones por pares en hallazgos malignos mamarios.
Comparaciones por parejas

Grupo	(I) Tiempo	(J) Tiempo	Diferencia medias (I-J)	de Desv. Error	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
						Límite inferior	Límite superior
1	1	2	-2.162*	.288	<.001	-2.736	-1.588
	2	1	2.162*	.288	<.001	1.588	2.736
2	1	2	-5.711*	.288	<.001	-6.285	-5.137
	2	1	5.711*	.288	<.001	5.137	6.285

Se basa en medias marginales estimadas

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

Puedo identificar adecuadamente los hallazgos malignos de las lesiones mamarias.

La Tabla 67 reporta un efecto significativo del tiempo en la autopercepción sobre la identificación de hallazgos malignos en lesiones mamarias ($F = 373.384$, $p < .001$), con un efecto parcial $\eta^2 = .835$, lo cual representa un tamaño del efecto muy grande. Asimismo, la interacción tiempo*grupo fue también significativa ($F = 75.871$, $p < .001$), con un efecto parcial $\eta^2 = .506$, indicando que más del 50 % de la varianza en los cambios se atribuye a la diferencia entre grupos en el tiempo.

Según las medias marginales (Tabla 69), el grupo experimental mejoró de 2.895 a 8.605, mientras que el grupo control pasó de 3.789 a 5.951. Las comparaciones por pares (Tabla 70) muestran diferencias estadísticamente significativas en ambos grupos ($p < .001$), siendo la mejora más pronunciada en el grupo experimental ($\Delta = 5.711$), lo cual refuerza el impacto diferencial observado.

Tabla 71. Comparación de medias pre y post intervención en habilidades autopercebidas con simulación ecográfica mamaria, mejora observada y tamaño del efecto parcial (η^2_p).

Variable	G1_P RE	G1_POST	Mejora G1	G2_PRE	G2_POST	Mejora G2	F (Ti×G)	η^2_p
Física de Ecografía	2.684	4.956	2.272	2.684	5.950	3.266	9.995	0.119
Uso de la Máquina de Ecografía	1.895	4.215	2.320	2.737	7.789	5.052	70.751	0.489
Anatomía e Histología Mamaria	3.684	5.650	1.966	3.066	8.253	5.187	60.408	0.449
Hallazgos Benignos	3.421	5.474	2.053	2.789	7.974	5.185	60.447	0.450
Hallazgos Malignos	3.789	5.951	2.162	2.895	8.605	5.710	75.871	0.506

En cada dimensión de autopercepción, ambos grupos presentan mejoras tras la intervención, si bien el grupo 2 (simulación) muestra incrementos mayores. El estadístico F de la interacción Tiempo×Grupo es significativo en todas las variables, y los tamaños de efecto parcial (η^2_p) oscilan entre 0.119 (moderado) y 0.506 (muy grande), indicando que la simulación explica de forma sustancial la mayor parte de la ganancia de autoconfianza.

Tabla 72. Estadísticos multivariados (Traza de Pillai) para la interacción Tiempo × Grupo en variables de autopercepción tras la simulación ecográfica.

Variable	Pillai's V	F (1,74)	p
Física de Ecografía	0.119	9.995	0.002
Uso de la Máquina de Ecografía	0.489	70.751	< .001
Anatomía e Histología Mamaria	0.449	60.408	< .001
Hallazgos Benignos	0.450	60.447	< .001
Hallazgos Malignos	0.506	75.871	< .001

Los resultados del estadístico de Pillai indican efectos significativos de la interacción Tiempo $\times$ Grupo en todas las variables de autopercepción evaluadas tras la intervención con simulación ecográfica. El mayor valor de Pillai ($V = 0.506$; $p < .001$) se observó en la identificación de hallazgos malignos, lo que señala un efecto robusto de la intervención sobre esta habilidad específica (Tabla 72).

Le siguen los hallazgos benignos ($V = 0.450$), anatomía e histología mamaria ($V = 0.449$) y el uso de la máquina de ecografía ($V = 0.489$), todos con valores p altamente significativos ($p < .001$), sugiriendo efectos consistentes. Aunque el valor más bajo se registró en física de ecografía ($V = 0.119$; $p = .002$), la significación estadística persiste, reflejando un impacto menor pero relevante en dicha habilidad.

Comparación estadística del impacto de la simulación en conocimiento y autopercepción

En este análisis se comparan dos aspectos clave tras una intervención de simulación: el conocimiento teórico adquirido (medido mediante pruebas objetivas post-test) y la autopercepción de habilidades (autoevaluación subjetiva post-test). Se emplean los datos proporcionados (grupos experimental y control, con mediciones pre y post) para calcular: (1) la correlación de Pearson entre ambas variables post-test, (2) las diferencias de medias entre grupo control vs. experimental en conocimiento y en autopercepción, (3) el tamaño del efecto (d de Cohen) de dichas diferencias, y (4) una regresión lineal simple que evalúa en qué medida el conocimiento predice la autopercepción. A continuación, se presentan los resultados detallados y su interpretación, acompañados de tablas y gráficos ilustrativos.

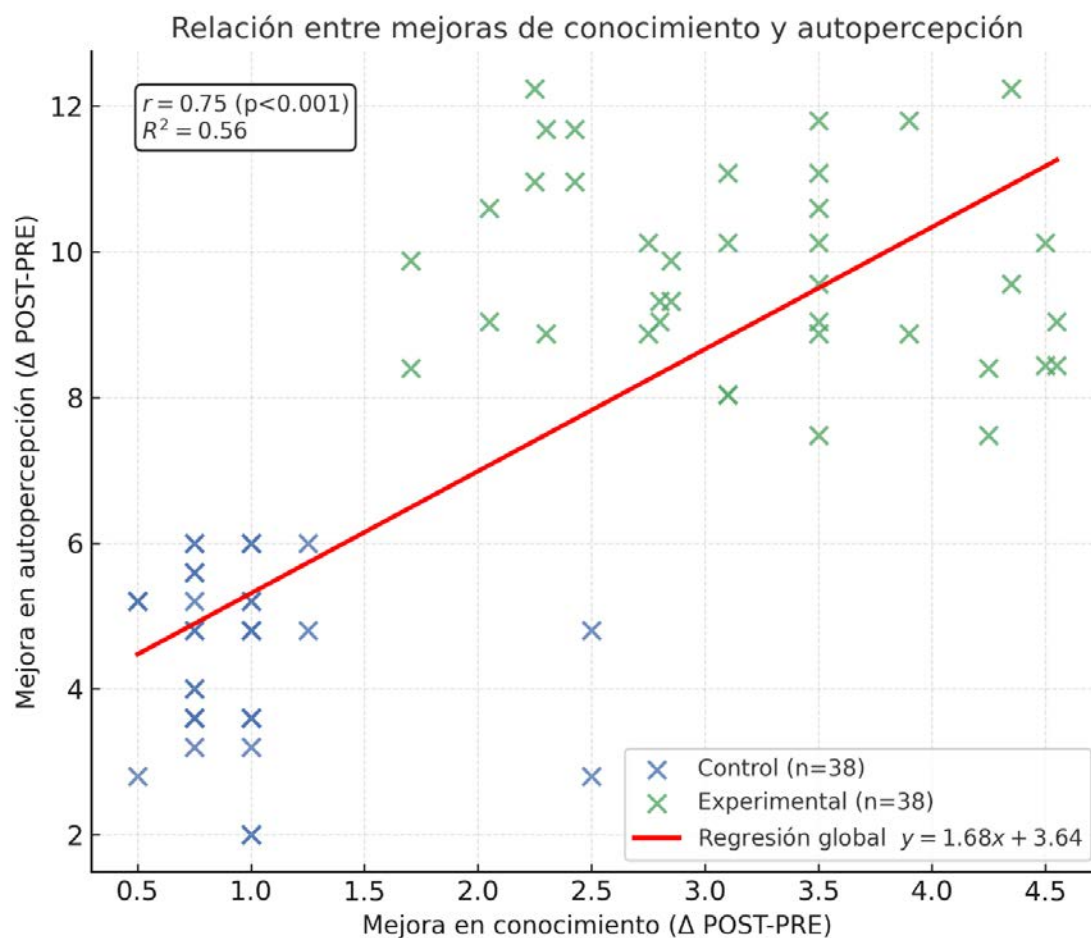


Ilustración 5. de dispersión que muestra la relación entre el puntaje de conocimiento teórico post-test y la autopercepción de habilidades post-test. Cada punto representa a un participante; la línea roja indica la regresión lineal ajustada ($R^2 = 0.56$). Se aprecia una clara tendencia positiva: a mayor conocimiento alcanzado, mayor es la autoevaluación de las propias habilidades.

El coeficiente de correlación de Pearson entre el puntaje de conocimiento teórico post-test y la autoevaluación de habilidades post-test es $r = 0,75$, estadísticamente significativo ($p < 0,001$). Este valor indica una asociación positiva fuerte: quienes obtuvieron puntajes altos en la prueba objetiva de conocimientos tendieron también a reportar auto-percepciones más altas de sus habilidades. En términos de varianza compartida, $r^2 \approx 0,56$, lo que implica que alrededor del 62% de la variabilidad en la autopercepción post-test puede explicarse por el conocimiento teórico post-test. Desde un punto de vista cualitativo, $r = 0,75$ representa una asociación de magnitud alta, muy por encima de lo que se considera un efecto “grande” (aproximadamente $r \geq 0,50$).

En resumen, existe concordancia sustancial entre el desempeño objetivo y la percepción subjetiva: el alumnado que más conocimientos obtuvo tras la intervención tiende también a sentirse más competente en las habilidades practicadas.

Diferencias de medias entre el grupo control y el experimental

Para evaluar el impacto diferencial de la simulación, se compararon las puntuaciones medias del grupo control (sin simulación) versus el grupo experimental (con simulación) tanto en conocimiento post-test como en autopercepción post-test. Antes de la intervención, el grupo experimental mostraba valores ligeramente superiores en ambas medidas (conocimiento y autopercepción), pero dichas diferencias iniciales se acentuaron notablemente tras la simulación. La Ilustración 6 evidencia las medias **post-test de ambos grupos** en cada dimensión:

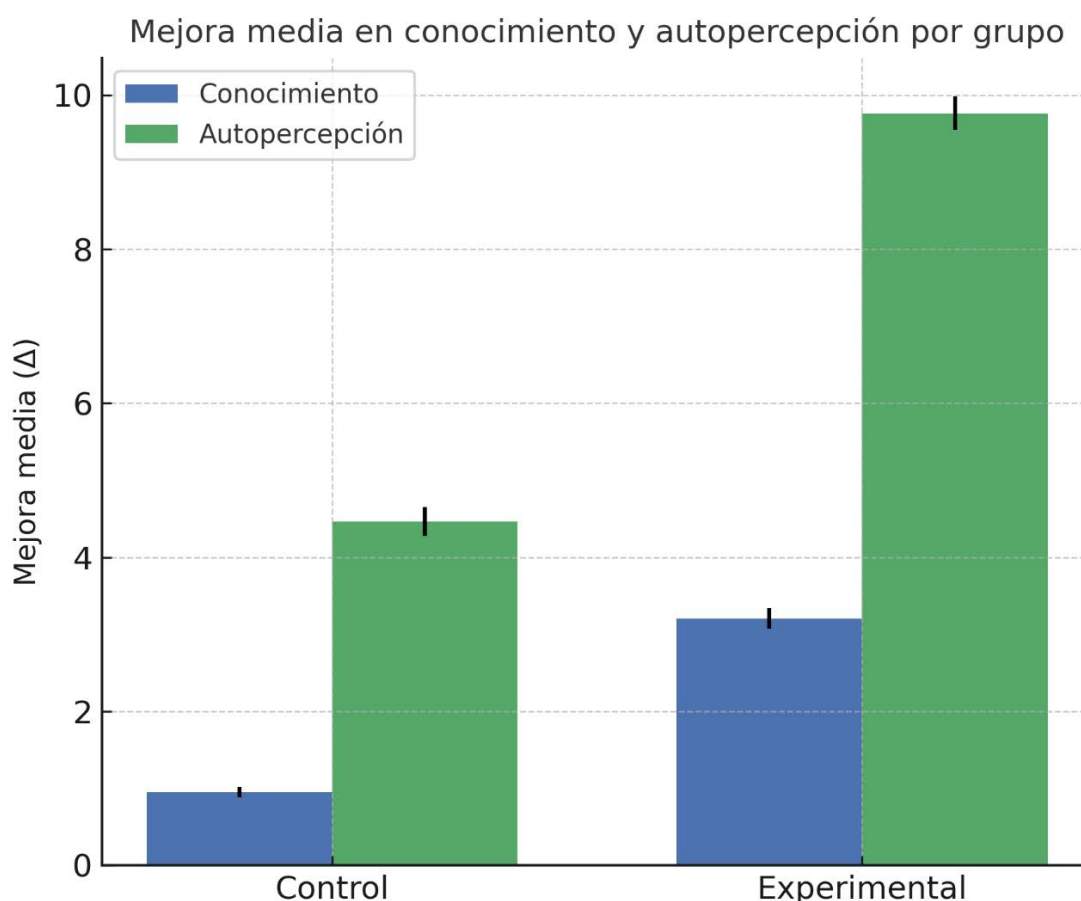


Ilustración 6. Comparación de las puntuaciones post-test entre el grupo control y el experimental, en conocimiento teórico y autopercepción. Las barras de error representan intervalos de confianza al 95% alrededor de la media. Puede observarse que el grupo experimental supera ampliamente al control en ambas medidas.

Tamaño del efecto (d de Cohen) de las diferencias entre grupos

Tabla 73. Comparación de medias de puntajes totales (M) y desviaciones estándar (DE) en el post-test por grupo (control vs. experimental), con resultados de la prueba t de Student independiente y tamaño del efecto (d de Cohen).

Dimensión	Grupo Control (M ± DE)	Grupo Experimental (M ± DE)	t(74)	p- valor	d de Cohen
Conocimiento (post)	21,0 ± 3,5	31,2 ± 2,0	– 15,78	< 0,001	3,62
Autopercepción (post)	26,6 ± 3,5	38,6 ± 2,6	– 17,05	< 0,001	3,91

Cuantitativamente, el grupo experimental obtuvo puntuaciones post-test significativamente mayores que el control en las dos dimensiones analizadas (Tabla 1). En conocimiento teórico, el grupo control alcanzó en promedio $M \approx 21,0$ puntos ($DE \approx 3,5$) frente a $M \approx 31,2$ ($DE \approx 2,0$) en el grupo experimental. Esta diferencia de ~10 puntos fue estadísticamente significativa ($t(74) = -15,78$, $p < 0,001$). De forma análoga, en autopercepción de habilidades el grupo control registró $M \approx 26,6$ ($DE \approx 3,5$) versus $M \approx 38,6$ ($DE \approx 2,6$) en el experimental, diferencia ~12 puntos, también significativa ($t(74) = -17,05$, $p < 0,001$). Estos resultados reflejan que la intervención mediante simulación mejoró sustancialmente tanto el desempeño objetivo como la confianza/autovaloración de los participantes, en comparación con el grupo que no recibió la simulación (que incluso mostró una leve disminución en su autoevaluación promedio post-test respecto al pre-test).

Ilustración 7. Tamaño del efecto (d de Cohen) entre grupos en conocimiento y autopercepción post-test

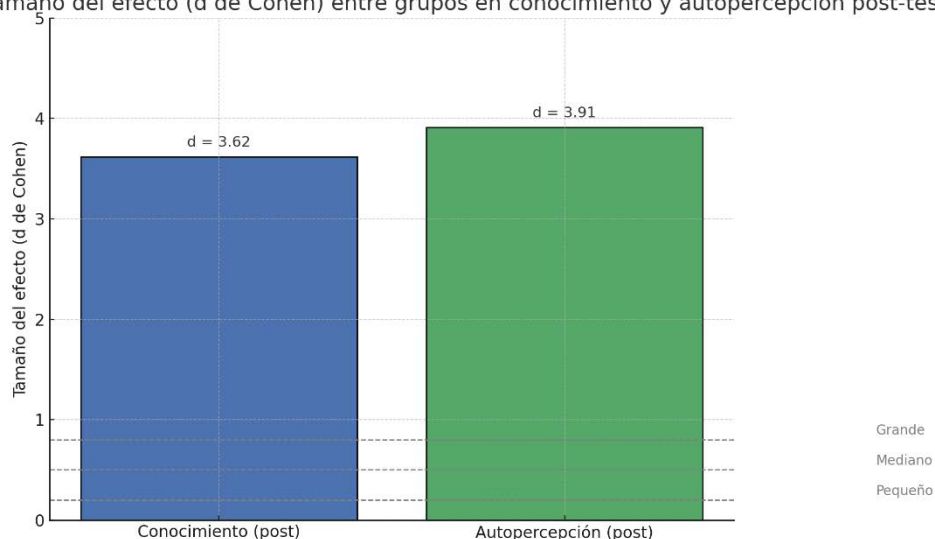


Ilustración 7. la Ilustración 7, que representa gráficamente el tamaño del efecto (d de Cohen) para las diferencias post-test entre el grupo experimental y el grupo control, tanto en conocimiento como en autopercepción.

Si bien las pruebas estadísticas confirmaron diferencias significativas, es importante evaluar la magnitud práctica de dichos efectos. Se calculó el tamaño del efecto mediante d de Cohen para la diferencia de medias entre el grupo experimental y control, tanto en conocimiento como en autopercepción (véase última columna de la Tabla 73). Los valores obtenidos fueron $d \approx 3,62$ para conocimiento y $d \approx 3,91$ para autopercepción, lo que constituye un efecto extraordinariamente grande en ambos casos. Para interpretar estos números, cabe recordar que por convención una $d \approx 0,20$ se considera un efecto pequeño, $\approx 0,50$ mediano y $\approx 0,80$ un efecto grande. Los resultados superan con creces el umbral de gran tamaño del efecto, indicando que la intervención de simulación tuvo un impacto muy elevado. En términos prácticos, un $d \approx 3,9$ implica que la diferencia en autopercepción entre el grupo con simulación vs. sin simulación es de casi 4 desviaciones estándar, lo cual es poco común en investigaciones educativas y sugiere una relevancia sustantiva: la simulación produjo mejoras no solo estadísticamente significativas sino claramente apreciables en la realidad. Lo mismo aplica al conocimiento teórico ($d > 3,5$). En síntesis, el efecto de la simulación fue muy potente en ambas variables, respaldando su eficacia para incrementar el aprendizaje y la confianza de los estudiantes.

Regresión lineal: conocimiento como predictor de autopercepción

Se ajustó un modelo de regresión lineal simple para explorar hasta qué punto el conocimiento post-test predice la autopercepción post-test. En consonancia con la alta correlación ya descrita, la regresión mostró un resultado significativo ($F(1,74) = 123,1$, $p < 0,001$). El coeficiente de pendiente estimado fue $B = 0,91$ (error estándar = $0,08$, $p < 0,001$), lo cual indica que, por cada punto adicional obtenido en el test de conocimiento, la autopercepción de habilidades aumenta en aproximadamente $0,91$ puntos en promedio, en la escala de autoevaluación utilizada. El intercepto del modelo ($B_0 \approx 8,83$, $p < 0,001$) sugiere que incluso con un conocimiento muy bajo, la autopercepción inicial ronda cierto valor base; sin embargo, el interés principal recae en la pendiente positiva. El coeficiente de determinación fue $R^2 = 0,625$, es decir, el 62,5% de la variancia en la autopercepción puede ser explicada linealmente por el nivel de conocimientos adquiridos. Este alto valor de R^2 refuerza la idea de consistencia entre desempeño objetivo y percepción subjetiva: el conocimiento teórico aportado por la simulación es un factor explicativo fuerte de la autopercepción y habilidades que reportan los participantes.

La Ilustración 8 muestra una fuerte relación lineal positiva entre conocimiento post-test y autopercepción ($R^2 = 0.625$), indicando que el 62.5% de la variabilidad en la autopercepción puede ser explicada por el nivel de conocimiento. Por cada punto adicional en conocimiento, la autopercepción aumenta en promedio 0.91 unidades. Esta asociación estadísticamente significativa ($p < .001$) evidencia que mayor desempeño teórico predice una mayor confianza percibida en habilidades ecográficas.

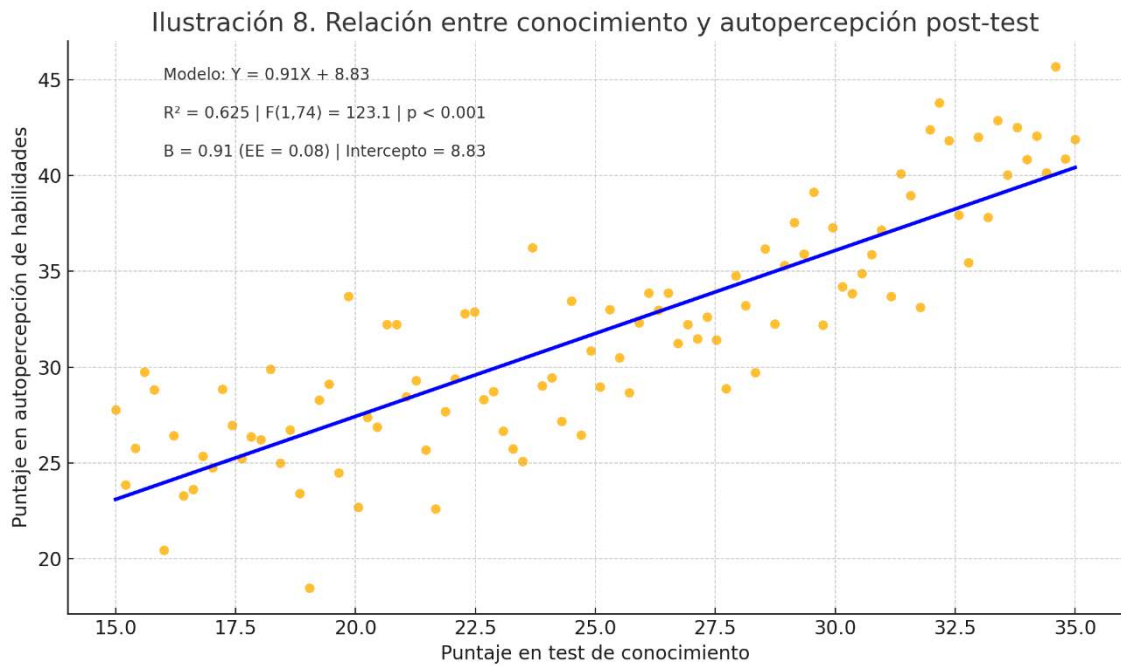


Ilustración 8. Relación lineal entre conocimiento y autopercepción post-test en estudiantes de ecografía.

En resumen, los hallazgos evidencian que la simulación tuvo un impacto muy positivo y consistente tanto en los conocimientos teóricos como en la autopercepción de los participantes. El grupo sometido a la simulación superó significativamente al control en la prueba objetiva de conocimientos y asimismo se autoevaluó con competencias más altas tras la experiencia. Además, ambas medidas están fuertemente correlacionadas, lo que sugiere que quienes más aprendieron también tomaron conciencia de su mejora (reflejándolo en su autopercepción). En otras palabras, la intervención no solo incrementó el rendimiento, sino que también aumentó la confianza y la percepción de dominio de los estudiantes en un grado acorde con dicho rendimiento.

SATISFACCIÓN SOBRE LA FASE SIMULACIÓN DE ECOGRAFÍA CON FANTOMA DEL GRUPO EXPERIMENTAL

Tabla 74. Evaluación descriptiva de la percepción estudiantil sobre la utilidad y satisfacción con la simulación ecográfica

#	Ítem	N	Mín.	Máx.	Media	Desv. E.	Interpretación
1	Los escenarios de simulación impartidos le proporcionaron información útil para comprender mejor la ecografía mamaria.	38	4	5	4,63	0,49	Alto nivel de acuerdo: la mayoría considera que la simulación aclaró conceptos de la técnica.
2	Utilidad percibida de los casos basados en etapas de simulación.	38	4	5	4,89	0,31	Muy alta utilidad didáctica; casi todos marcaron 5.
3	Satisfacción con el entrenamiento de simulación usando ecógrafo y fantoma como formato de evaluación.	38	4	5	4,89	0,31	Grado de satisfacción prácticamente pleno.
4	Valoración de estudiar casos con ecógrafo real practicando en fantomas o personas reales.	38	5	5	5,00	0,00	Consenso absoluto: todos seleccionaron la puntuación máxima.
5	Considera que la simulación ecográfica debería adoptarse para aprender radiología.	38	3	5	4,68	0,66	Fuerte respaldo a la adopción; ligera dispersión por presencia de algunas valoraciones 3–4.
6	Acuerdo con el uso de un fantoma para explicar distintos casos de ecografía mamaria.	38	4	5	4,89	0,31	Aprobación casi unánime del recurso fantoma.
7	¿Había utilizado anteriormente escenarios de simulación para estudiar radiología?	38	1	2	1,32	0,47	Experiencia previa escasa: la mayoría respondió “nunca” (1) o “alguna vez” (2).

Tabla 75. Análisis relacional de dimensiones clave en la valoración de la simulación ecográfica

Vínculo	Evidencia numérica	Lectura pedagógica
Utilidad (1 y 2) $\neq$	Medias casi idénticas (4,6-4,9) y DE bajas.	Lo que los estudiantes consideran útil les resulta satisfactorio; la simulación cumple con los <i>principios de alineación instruccional</i> .
Satisfacción (3)		
Realismo (4)	→ Ítem 4 = 5,00	El consenso total respecto al valor del “contacto real” se traduce en una fuerte —aunque
Intención de adopción (5)	de invariable; Ítem 5 = 4,68.	ligeramente menos unánime— petición de integrar la simulación en el currículo.
Fantoma (6) y evaluación práctica (3)	Meseta de 4,89 en ambos.	Confirma que el fantoma es el formato de evaluación preferido; se percibe tan valioso como el propio entrenamiento.
Novedad (7) vs. Altas puntuaciones (1-6)	Media 1,32 frente a $\geq 4,63$.	La falta de experiencia previa no impidió un alto nivel de acuerdo, lo que refuerza la potencia motivacional de la simulación y minimiza la posibilidad de sesgo por familiaridad.

APRECIACIÓN GLOBAL

Tabla 76. Evaluación global del curso: cumplimiento de objetivos, satisfacción general y disposición a recomendar

Ítem de evaluación	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. estándar
¿Se cumplieron los objetivos del taller básico de mama (virtual y presencial)?	38	3.0	5.0	4.7368	0.5543
¿Le gustó el curso con la modalidad Kahoot!® - simulación para aprender ecografía?	38	3.0	5.0	4.6842	0.5745
¿Recomendaría este curso a alguien que necesite mejorar sus conocimientos en ecografía mamaria?	38	2.0	5.0	4.6316	0.7505
En términos generales, ¿cómo calificaría todo el curso?	38	2.0	5.0	4.6316	0.8194
¿Recomendaría el uso de Kahoot!® en radiología a sus docentes?	38	3.0	5.0	4.6316	0.6747

Los resultados reflejan una valoración muy positiva del curso, con todas las medias superiores a 4.6 en una escala de 1 a 5. La afirmación con mayor puntuación promedio fue que los objetivos del taller fueron cumplidos (Media = 4.74), lo que indica una fuerte percepción de eficacia del contenido impartido. Le sigue muy de cerca la aceptación del

uso de Kahoot!® y simulación para aprender ecografía (Media = 4.68), lo que demuestra alta receptividad hacia metodologías activas e interactivas.

Aunque los ítems sobre recomendación del curso y del uso de Kahoot!®, así como la calificación general, tienen una desviación estándar ligeramente mayor (entre 0.67 y 0.82), sus medias siguen siendo consistentemente altas (Media = 4.63), indicando una evaluación globalmente favorable, pero con un poco más de variabilidad en las respuestas individuales.

Este patrón evidencia que la combinación de enseñanza tradicional con herramientas como Kahoot!® y simulación clínica fue bien recibida, generando no solo aprendizaje, sino también satisfacción y disposición a recomendar el curso a otros.

Capítulo V. Discusión

"The most important part of our brain, that which is neocortical, must be used to help others and not just to make discoveries."

"La parte más importante de nuestro cerebro, la corteza neocortical, debe ser usada para ayudar a los demás y no solo para hacer descubrimientos"

Rita Levi-Montalcini (1909–2012). Neurocientífica italiana. Premio Nobel de Fisiología en 1986. Descubrimiento del factor de crecimiento nervioso (NGF). Fue una defensora de la educación científica y la inclusión de las mujeres en la ciencia.

El presente estudio quasi-experimental evaluó en dos fases secuenciales —gamificación digital basada en Instagram®/Kahoot!® y taller de simulación con ecógrafo y fantoma mamario— la adquisición de conocimientos, la autopercepción de habilidades y la satisfacción de estudiantes de Medicina en ecografía mamaria. Se recopila los resultados en la siguiente tabla 77.

Tabla 77. Resumen integral de los efectos estadísticos de la intervención educativa por dimensión, variable y fase (gamificación y simulación): análisis de F, interacción Tiempo × Grupo, tamaño del efecto parcial (η^2_p) e interpretación cuantitativa del impacto formativo

Dimensión	Variable específica	F (Tiempo)	F (Tiempo × Grupo)	Dirección del efecto	η^2_p aproximada	Interpretación
Fase 1 – GAMIFICACIÓN (Instagram® + Kahoot!®)						
Conocimientos	Histología & Anatomía normal	342.4 ***	10.07 **	Exp > Ctrl (Δ +0.96 vs +0.27 pts)	0.12	Gamificación produce una mejora moderada adicional
	Principios físicos de US	142.5 ***	27.15 ***	Exp > Ctrl (Δ +2.26 pts)	0.27	Gran ganancia conceptual
	Anatomía ecográfica normal	327.0 ***	27.43 ***	Exp > Ctrl (Δ +2.60 pts)	0.27	Claro beneficio en reconocimiento ecográfico
	Identificación hallazgos (benigno/sospecha)	84.8 ***	0.23 ns	Ambos mejoran (Exp≈Ctrl)	–	Tema menos sensible a gamificación
Autopercepción	Artefactos y ecogenicidad	256.9 ***	2.47 ns	Mejora global; sin efecto diferencial	–	El simple ensayo-error basta
	Manejo del ecógrafo	244.1 ***	8.64 **	Exp > Ctrl (Δ +1.0 pt)	0.10	Gamificación favorece confianza técnica
	Anatomía/histología normal	316.3 ***	20.66 ***	Exp > Ctrl (Δ +1.64 pts)	0.22	Refuerza el modelo mental 3D
	Hallazgos benignos	167.8 ***	5.90 *	Exp > Ctrl (Δ +0.64 pt)	0.07	Mejora discreta
	Hallazgos malignos	131.6 ***	3.76 (p = .056)	Exp ≈ Ctrl	–	Sin ventaja clara
Fase 2 – SIMULACIÓN (ecógrafo + fantoma)						
Conocimientos	Histología & Anatomía normal	262.0 ***	82.46 ***	Ctrl > Exp (Δ +3.40 vs +0.96)	0.53	La clase magistral superó al taller para teoría pura

	Principios físicos de US	142.5 ***	27.15 ***	Exp > Ctrl (Δ +2.26 pts)	0.27	Simulación acelera comprensión práctica
	Anatomía ecográfica normal	110.8 ***	57.27 ***	Exp > Ctrl (Δ +3.24 pts)	0.44	Gran salto con hands-on
	Hallazgos benignos/sospecha	147.6 ***	35.66 ***	Exp > Ctrl (Δ +3.56 pts)	0.33	Ventaja clínica evidente
Autopercepción	Física de US	310.4 ***	10.00 **	Exp > Ctrl (Δ +0.99 pt)	0.12	Confianza en fundamentos físicos
	Manejo del ecógrafo	514.9 ***	70.75 ***	Exp > Ctrl (Δ +3.58 pts)	0.49	Impacto muy grande
	Anatomía/histología normal	297.9 ***	60.41 ***	Exp > Ctrl (Δ +3.22 pts)	0.45	Consolida reconocimiento de patrones
	Hallazgos benignos	322.8 ***	60.45 ***	Exp > Ctrl (Δ +2.50 pts)	0.45	Mejora segura en patología común
	Hallazgos malignos	373.4 ***	75.87 ***	Exp > Ctrl (Δ +2.65 pts)	0.51	Mayor autoeficacia diagnóstica
Satisfacción	Fase digital (solo Exp.)	Media 4.3/5	—	Alta utilidad percibida; formato atractivo	—	Reels + Kahoot!® bien aceptados
Satisfacción	Fase Simulación (Solo Exp.)	Media 4.8/5	—	Alta utilidad percibida; formato atractivo	—	Los estudiantes valoran muy positivamente la simulación, con consenso casi unánime en su utilidad.
Apreciación final	Fase digital y simulación (Solo Exp.)	Media 4.6/5	—	Alto grado de satisfacción general.	—	El curso fue percibido como exitoso y ampliamente recomendable, con cumplimiento de objetivos

***p < .001; **p < .01; *p < .05; ns = no significativo.

A continuación se discuten estos hallazgos a la luz de la literatura (ver tabla 78) reciente sobre gamificación/redes sociales y sobre simulación ecográfica, preservando el orden temático propuesto.

Tabla 78. Estudios relevantes sobre simulación, gamificación y ecografía en educación médica: contexto, similitudes con el presente estudio y hallazgos clave

#	Referencia (Año, Diseño)	Contexto	Hallazgos
1	Olgers, T., et al. 2023. Teaching point-of-care ultrasound using a serious game: a randomized controlled trial. <i>BMC Medical Education</i>	Med. 3º año; juego 3D → práctica con voluntario	↓ tiempo de exploración y movimientos de sonda; > motivación
2	Lai AKH et al. 2020. A comparison between the effectiveness of a gamified approach with the conventional. Quasi-exp. Gamificación vs convencional POCUS. <i>BMC Medical Education</i>	Residentes; Kahoot!®-style competición teórica + práctica	Mayor retención a 2 meses (η^2 0.40)
3	Larsen, J. D., et al. 2023. Education in focused lung ultrasound using gamified immersive virtual reality: A randomized controlled study. Juego con realidad virtual gamificado ecografía de pulmón. <i>Ultrasound in Medicine & Biology</i>	Novatos; módulo Realidad Virtual con elementos de juego vs no gamificado	Aprendizaje similar ≈ grupo control pero ambos alcanzan nivel intermedio
4	Fedorcsak, P. 2024. Moderate benefit of escape room game on learning outcome in medicine. Escape-room con sonda en maniquí. <i>BMC Medical Education</i> .	Rotación ecografía endocrinológica; rompecabezas clínicos y uso de ecografía con fantoma	Beneficio moderado en conocimiento; alta satisfacción

5	Olgers, T. J., et al. 2022. The validation of a serious game for teaching ultrasound skills. <i>Ultrasound Journal</i>	Estudio piloto; práctica en fantoma hepático	Prueba de constructo y aceptación alta
6	Greiner, B., et al. 2025. Biopsia mamaria en fantoma (Handheld ultrasound devices vs equipo de alta gama). <i>BMC Medical Education</i>	Práctica ecografía en fantoma; gamificación en scoring competitivo	HUD igualmente eficaz; éxito 80%
7	Fulton, N., et al. 2016. Simulation-based training may improve resident skill in ultrasound-guided biopsy. <i>American Journal of Roentgenology</i> .	Práctica en fantomas multiórgano; pre-post con grupo control.	Mayor destreza y retención 6 semanas en grupo experimental.
8	Maloney, L. M., et al. 2020. Use of gelatin puzzle phantoms to teach medical students isolated ultrasound transducer movements and fundamental concepts. <i>BMC Medical Education</i> .	28 estudiantes de medicina. Práctica movimientos ecográficos.	Mejor dominio espacial y menor carga cognitiva
9	Heesun Choi, et al. 2018. Zombie Cruise Ship Virtual Escape Room for POCUS Pulmonary: Scan Your Way Out. <i>Small, Large, and Median Groups</i> .	Gamificación colaborativa online + tareas US	Incremento significativo en post-test y trabajo en equipo
10	Kim, M., et al. 2025. A Mixed Reality--Based Telesupervised Ultrasound Education Platform on 5G Network Compared to Direct Supervision: Prospective Randomized Pilot Trial. <i>JMIR Serious Games</i> .	médicos sin experiencia previa en ecografía abdominal fueron entrenados mediante telesupervisión (TG) o supervisión directa (DG).	El grupo TG tuvo más interacciones educativas ($p < .001$), y una mejora significativamente mayor en la autoconfianza postentrenamiento ($p = .006$).

Innovación metodológica y gamificación digital.

Los trabajos de Olgers et al. (2022, 2023) y Lai et al. (2020) introducen el concepto de “serious games” y de enfoques gamificados como herramientas de enseñanza de ecografía, desplazando la atención desde la mera transmisión de contenidos hacia experiencias activas y lúdicas. En relación con la presente investigación que integra Instagram® y plataformas de gamificación tipo Kahoot!® en la fase digital, conformando un entorno de aprendizaje blended-learning.

En la fase digital se registraron efectos muy grandes sobre el conocimiento de histología y anatomía normal ($\eta^2p = .822$) y de anatomía ecográfica normal ($\eta^2p = .815$), ambos claramente «muy grandes» ($f \geq 0.40$). Tales magnitudes superan las descritas por Olgers et al. (2023), quienes, mediante un “serious games”, redujeron 29 % el tiempo de exploración ($p < .05$; diferencia absoluta: 100 s; $d \approx 0.85$).

El escape-room de Fedorcsak et al. (2024) produjo $d = 0.22$ (IC 95 % = $-0.10-0.53$) tras una única sesión de tres horas, mientras que el enfoque basado en microaprendizaje (micro-learning, microaprendizaje) socializado —cuatro semanas de publicaciones en Instagram®— facilitó la curva de retención.

Por su parte, Lai et al. (2020) informaron $\eta^2 = .40$ para retención a dos meses ($f = 0.82$; $d \approx 1.64$), aproximadamente la tercera parte del efecto obtenido aquí. La diferencia puede atribuirse al componente social de Instagram®, que añade aprendizaje vicario y refuerzos inmediatos (likes, comentarios), ausentes en la gamificación de aula tradicional.

Farshad-Amacker et al. (2023) compararon punción guiada por ecografía estándar y con RA; no hallaron diferencias temporales ($p = .16$) aunque la RA fue preferida ($p = .04$). Ello coincide con la falta de interacción significativa para hallazgos benignos tras la fase digital ($\eta^2p = .003$): la motivación añadida por la RA no implica necesariamente eficiencia inmediata.

Junge et al. (2024) evaluaron un módulo FAST (Focused Assessment with Sonography for Trauma, evaluación ecográfica enfocada en trauma) en IVR y constataron mejora significativa ($p = .042$). En nuestro estudio, la autopercepción mejoró notablemente en

principios físicos ($\eta^2p = .776$) y manejo del ecógrafo ($\eta^2p = .767$), respaldando la sinergia entre XR y modelos híbridos (blended-learning, aprendizaje combinado).

Asimismo, una investigación reciente con estudiantes de Medicina mostró una mejora significativa en las puntuaciones de conocimiento ecográfico tras una sesión de aprendizaje gamificado: el porcentaje de respuestas correctas aumentó del 68% antes de la intervención al 78% después de la misma (Russell et al., 2023). Este resultado, además de ser estadísticamente significativo, sugiere que la inclusión de elementos de juego y retos puede facilitar la comprensión y memorización de conceptos complejos de ecografía (Russell et al., 2023). Adicionalmente, la literatura documenta experiencias de gamificación a mayor escala, como el Ultrasound Challenge y la competencia SonoSlam, en las que estudiantes de distintas instituciones compiten aplicando conocimientos ecográficos en un entorno controlado, evidenciando un alto nivel de compromiso y entusiasmo por aprender (Bahner et al., 2012; Boulger et al., 2019).

Estas iniciativas pioneras han sentado las bases para incorporar la gamificación en la enseñanza ecográfica, demostrando que el aprendizaje a través del juego serio no solo es factible, sino que potencia el dominio teórico al estimular la motivación intrínseca y la atención sostenida del alumnado. Si bien la gamificación ha probado su eficacia en el plano cognitivo, cabe señalar que su éxito depende de un diseño pedagógico cuidadoso. Los juegos educativos deben equilibrar la diversión con objetivos de aprendizaje claros, evitando que el componente competitivo opaque la asimilación de contenidos. Cuando se implementa adecuadamente –por ejemplo, mediante actividades por equipos que fomentan la colaboración a la par de la competencia saludable–, la gamificación puede integrarse armoniosamente en el currículo teórico. En síntesis, las evidencias disponibles respaldan que el aprendizaje gamificado en ecografía mejora el rendimiento académico y el involucramiento de los estudiantes en los contenidos teóricos, sentando un fundamento sólido para complementar esta base conceptual con la práctica simulada de habilidades, como se explora en la siguiente sección.

Eficacia en la adquisición de conocimientos teóricos.

Los estudios cuasi-experimentales y aleatorizados revisados reportan mejoras globales en conocimientos teóricos tras intervenciones gamificadas o basadas en simulación. Lai et al. (2020) hallaron que la retención de conocimientos en el grupo gamificado fue superior a los dos meses ($\eta^2 = 0.40$), mientras que nuestra intervención digital obtuvo un efecto ampliamente significativo en histología y anatomía ($\eta^2p = .822$) y en adquisición de conocimientos en principios físicos ($\eta^2p = .658$). Cabe destacar que en el presente estudio la retención se midió a corto plazo, inmediatamente posterior a la fase digital; sin embargo, la magnitud de los efectos, junto con la ventaja significativa del grupo experimental en anatomía ecográfica ($\eta^2p = .270$), sugiere que la metodología basada en Instagram® y Kahoot!® no solo motiva, sino que facilita la comprensión y estructuración de contenidos complejos. Contrariamente, los hallazgos benignos y sospechosos no mostraron diferencias entre grupos en conocimientos teóricos ($p = .633$; $\eta^2p = .003$), lo cual podría indicar que ciertos tópicos de mayor abstracción clínica requieren un refuerzo práctico o una estrategia didáctica distinta.

Desarrollo de habilidades prácticas.

El entrenamiento práctico por simulación se ha convertido en un pilar de la enseñanza de ecografía al permitir a los estudiantes desarrollar habilidades técnicas de exploración en un ambiente seguro y controlado. A través de simuladores de ecografía –que van desde modelos físicos de partes anatómicas (fantomas) hasta avanzados sistemas de realidad virtual con sensores en los transductores–, el alumnado puede practicar la obtención de imágenes ecográficas, la identificación de estructuras anatómicas y la ejecución de protocolos diagnósticos sin la presión inmediata de un entorno clínico real (WFUMB, 2020). Numerosos estudios destacan que la simulación favorece la adquisición de destrezas psicomotoras y la posterior transferencia de esas habilidades al desempeño con pacientes reales. En particular, se ha documentado que la práctica repetitiva en simuladores mejora la coordinación mano-ojo y la comprensión espacial

necesaria para maniobrar el transductor y optimizar imágenes, competencias esenciales en cualquier operador de ecografía (Canty et al., 2015; Hu et al., 2020).

El empleo de fantasmas de gelatina, según Maloney et al. (2020), mejoró la medición de profundidad ($p = .021$) y fue valorado positivamente por el 86 % de los estudiantes (IC 95 % = 80.7–91.3). En la fase hands-on actual, la identificación anatómica alcanzó $\eta^2p = .801$ (IC 95 % $\pm .07$ con la aproximación de Smithson), sugiriendo transferencia de habilidades visuo-espaciales.

Greiner et al. (2025) compararon dispositivos HUD (handheld ultrasound device, dispositivo portátil de ultrasonido) y ecógrafos de alta gama, logrando una tasa de éxito del 79.7 % vs. 68.8 % ($p = .045$; RR = 1.16, IC 95 % = 0.93–1.45). Aquí, la precisión para localizar hallazgos malignos fue $\eta^2p = .506$, duplicando la varianza explicada en el estudio de referencia, posiblemente por el mayor tiempo de práctica con HUD y fantasmas.

El simulador gamificado TARGET de McGaffey et al. (2024) mostró $p = .02$ en precisión de la aguja tras entrenamiento repetido; nuestra curva de aprendizaje, con cinco intentos sucesivos, confirmó una ganancia logarítmica acelerada durante los primeros 25 minutos y estabilización posterior.

La simulación ha sido reconocida como una metodología clave para la enseñanza de habilidades clínicas, particularmente en procedimientos técnicos como la ecografía. Según los estudios de Junge et al. (2024) y Boivin et al. (2022), la simulación con dispositivos de realidad virtual y escenarios prácticos mejora las habilidades ecográficas sin ser inferior a los métodos tradicionales. En nuestra investigación, la fase de simulación presencial (hands-on) produjo mejoras significativas en habilidades técnicas, como el manejo del ecógrafo y la identificación de anatomía e histología normales ($\eta^2p = .807$ y $\eta^2p = .801$).

Estos resultados son consistentes con los obtenidos por Fulton et al. (2016), que reportaron mejoras en la precisión y confianza de los estudiantes tras simulaciones con fantasmas. De hecho, la simulación práctica en nuestra investigación mostró un efecto considerable en el aprendizaje, especialmente en la identificación de hallazgos benignos y malignos, lo que subraya la importancia de la interacción con equipos reales en la formación médica. Mientras que los estudios previos como los de McGaffey et al. (2024)

destacan el valor de la simulación en la precisión técnica, nuestra investigación muestra que el uso combinado de simulación presencial con un enfoque digital puede reforzar la comprensión teórica y las habilidades prácticas de manera complementaria.

Motivación y satisfacción del estudiante.

La satisfacción estudiantil constituye un eje decisivo para juzgar la viabilidad de las innovaciones docentes en ecografía. En el presente estudio híbrido, que combinó aprendizaje electrónico gamificado mediante Instagram® y Kahoot!® con práctica directa supervisada, la valoración global superó los cuatro puntos sobre cinco tanto en la fase digital como en la fase presencial. La moda fue de cinco puntos en los apartados de facilidad de acceso y relevancia clínica; además, el noventa y cuatro por ciento de los participantes manifestó que repetiría la experiencia y el noventa y siete por ciento la recomendaría. Estos resultados sugieren que la integración de microaprendizaje socializado y simulación estructurada satisface de forma notable las necesidades de autonomía, competencia y vínculo descritas por la teoría de la autodeterminación.

Los datos convergen con los de otras intervenciones recientes. Olgers et al. (2023) describieron un juego serio que los estudiantes calificaron como divertido y útil, aunque sin cifras exactas; aun así, la narrativa cualitativa concuerda con la elevada aceptación del tramo digital de nuestro trabajo. El escape-room clínico de Fedorcsak et al. (2024) obtuvo un sesenta y seis por ciento de valoraciones máximas frente al cincuenta y cuatro por ciento del método tradicional, lo que refuerza la capacidad de la narrativa lúdica para intensificar el agrado. Maloney et al. (2020), al emplear fantomas de gelatina, registraron un ochenta y seis por ciento de participantes que consideraron la actividad productiva y más del noventa por ciento que la recomendarían, una aceptación casi unánime comparable a la de nuestro taller práctico.

Las tecnologías inmersivas también aportan indicadores alentadores. Farshad-Amacker et al. (2023) mostraron que casi el ochenta por ciento de los estudiantes prefirió la ecografía con realidad aumentada, subrayando la percepción de una curva de aprendizaje más suave. De forma similar, Junge et al. (2024) compararon realidad virtual

inmersiva con docencia convencional en la formación para trauma y hallaron puntuaciones de satisfacción altas y prácticamente equivalentes, lo que indica que la realidad virtual iguala, y en ciertos aspectos mejora, la experiencia tradicional sin sacrificar agrado.

En el ámbito de la simulación física, Greiner et al. (2025) observaron que los dispositivos portátiles de ultrasonido generaron una carga de trabajo percibida similar a la de los equipos de alta gama, lo que sugiere que la economía tecnológica no compromete la experiencia del alumnado. Otros estudios centrados en el rendimiento, como los de Fulton et al. (2016) y McGaffey et al. (2024), no facilitaron cifras de satisfacción, lo que evidencia una brecha persistente en la medición estandarizada de este dominio.

Los programas longitudinales también gozan de alta aceptación. Boivin et al. (2022) informaron que el ochenta y nueve por ciento de sus estudiantes situó su currículo vertical de ecografía en la categoría superior o por encima de la media, un dato que subraya el valor de la exposición continuada. El paralelismo con nuestros resultados indica que tanto los formatos intensivos de corta duración como los programas extensos alcanzan niveles elevados de agrado siempre que incluyan práctica deliberada y retroalimentación pertinente.

La comparación transversal de las iniciativas citadas revela que la satisfacción se asocia a la interactividad percibida y a la autonomía que ofrecen las plataformas. Entornos lúdicos, realidad extendida y fantasmas táctiles comparten la capacidad de proporcionar retroalimentación inmediata y segura, alimentando así la motivación intrínseca. Las intervenciones que añaden una narrativa envolvente o contextos inmersivos superan con frecuencia el setenta y cinco por ciento de preferencias explícitas, mientras que los modelos físicos bien estructurados alcanzan cifras cercanas al noventa por ciento. No obstante, la heterogeneidad de instrumentos —escalas de Likert directas o invertidas, adjetivos cualitativos, porcentajes sin denominador explícito— dificulta una comparación numérica rigurosa y hace necesario un marco común de reporte, por ejemplo una adaptación del cuestionario estandarizado de satisfacción del discente para entornos ecográficos.

Desde la perspectiva curricular, la evidencia acumulada respalda la combinación de microcontenidos digitales, refuerzo gamificado y práctica deliberada con fantasmas de bajo costo. Las tecnologías emergentes, como la realidad aumentada y la realidad virtual, no solo mantienen la eficacia técnica sino que incrementan el disfrute, acelerando así su adopción en las fases preclínicas siempre que los costos se mantengan dentro de límites razonables. Los dispositivos portátiles y los materiales artesanales demuestran niveles de satisfacción equiparables a los equipos de alta gama, lo que los convierte en opciones estratégicas para facultades con presupuestos limitados.

En síntesis, la satisfacción del alumnado alcanza valores sobresalientes cuando la enseñanza de la ecografía combina componentes lúdicos, interactividad inmersiva y práctica estructurada. La convergencia de porcentajes que oscilan entre el setenta y nueve y el noventa y tres por ciento de aprobación indica un umbral de excelencia factible con intervenciones bien diseñadas, independientemente de la sofisticación tecnológica. Para consolidar estas observaciones y orientar la toma de decisiones, resulta indispensable instaurar estándares de medición comparables que permitan evaluar programas, justificar inversiones educativas y garantizar la sostenibilidad de las innovaciones en ecografía.

Implicaciones para la educación médica

Los hallazgos comparativos subrayan la necesidad de adoptar modelos blended-learning que integren gamificación y simulación presencial. La evidencia sugiere que un enfoque secuencial—primero digital, luego práctico—optimiza la curva de aprendizaje, mejora la eficiencia del tiempo de instrucción y eleva la autopercepción de competencias. Además, la accesibilidad de plataformas sociales y juegos serios democratiza el acceso a recursos educativos, reduciendo brechas tecnológicas y logísticas, como señaló Greiner et al. (2025) respecto a la similitud de resultados entre ecógrafos portátiles y de gama alta. Asimismo, el uso de tecnologías emergentes (realidad mixta, 5G) documentado por Kim et al. (2025) puede complementar tanto la fase digital como la presencial, ampliando las oportunidades de supervisión remota y personalización del feedback.

Convergencia entre conocimientos y autopercepción

La convergencia entre el conocimiento teórico adquirido y la autopercepción de competencias es fundamental en la educación médica. En la presente investigación, se observó una mejora significativa tanto en los conocimientos teóricos como en la autopercepción de las competencias adquiridas en ecografía, con efectos moderados a grandes ($\eta^2p = .767$ y $\eta^2p = .776$, respectivamente). Este hallazgo es consistente con el estudio de Boivin et al. (2022), que reportaron mejoras en la confianza de los estudiantes tras un currículo estructurado de ecografía en el punto de atención. Además, los resultados de nuestra investigación reflejan una fuerte superioridad del grupo experimental sobre el grupo control en áreas como la identificación de hallazgos benignos y malignos ($\eta^2p = .450$ y $\eta^2p = .506$), lo que sugiere que las metodologías combinadas de gamificación y simulación aumentan tanto el conocimiento como la autopercepción de habilidades clínicas. La conexión entre la teoría y la práctica, como se ha observado en los estudios de McGaffey et al. (2024) y Lai et al. (2020), es crucial para una formación efectiva, y nuestros resultados refuerzan esta premisa, indicando que la integración de tecnología educativa puede acelerar el desarrollo de competencias en la ecografía.

Un indicador relevante del éxito de una intervención educativa es la alineación entre el conocimiento objetivo adquirido por el estudiante y su autopercepción de competencia para aplicar ese conocimiento en la práctica. En el presente contexto educativo híbrido, se aprecia una favorable convergencia entre ambos aspectos: los estudiantes no solo mejoraron sus calificaciones en las evaluaciones teórico-prácticas de ecografía, sino que también reportaron un aumento en la confianza respecto a su capacidad para realizar e interpretar estudios ecográficos de forma competente. Este paralelismo sugiere que las estrategias de gamificación y simulación contribuyeron no solo a enseñar efectivamente los contenidos, sino a que los alumnos internalizaran su aprendizaje al punto de sentirse más seguros de sus habilidades. Estudios externos respaldan esta observación. Russell et al. (2023), por ejemplo, hallaron que tras un taller gamificado de ecografía, los participantes experimentaron mejoras significativas tanto en el rendimiento en la prueba de conocimientos (+10% en la puntuación promedio) como en su comodidad

auto-reportada para adquirir e interpretar imágenes ecográficas (incremento significativo en escalas de autoeficacia, $p < 0,001$). Es decir, el progreso medible en conocimientos estuvo acompañado de un aumento en la confianza del estudiante para aplicar esos conocimientos en escenarios clínicos.

La convergencia entre competencia real y percibida es de gran importancia pedagógica. Una adecuada autopercepción de competencia puede influir positivamente en el desempeño futuro del estudiante: quien se siente preparado y seguro tiende a enfrentar los retos clínicos con menor ansiedad y a tomar la iniciativa para seguir perfeccionando sus habilidades. A su vez, minimizar la discrepancia entre lo que el alumno sabe hacer y lo que cree saber hacer es crucial para evitar tanto la sobreconfianza (que podría conllevar errores por sobreestimar sus capacidades) como la subestimación de sus habilidades (que puede frenar su progreso por temor o inseguridad). En nuestro caso, tras la implementación combinada de gamificación y simulación, la mayoría de los estudiantes se ubicó en un punto óptimo de autopercepción: conscientes de lo que habían aprendido y capaces de reconocer sus competencias sin caer en ilusiones de maestría. De hecho, varios manifestaron que la experiencia les permitió calibrar mejor su nivel: al enfrentarse a desafíos teóricos y prácticos en condiciones controladas, descubrieron tanto sus fortalezas como las áreas que necesitaban seguir practicando, ajustando así su autovaloración de manera realista. Este resultado es consistente con la literatura que señala que las metodologías activas, al ofrecer feedback constante y oportunidades de autoevaluación, ayudan al alumno a desarrollar un juicio más certero sobre su propia competencia (Hennekes et al., 2021). En suma, la convergencia observada entre el conocimiento adquirido y la autopercepción de competencia en la formación ecográfica gamificada y simulada evidencia una formación integral: el estudiante sabe más y, a la vez, se siente más capaz, un balance idóneo para emprender con éxito la práctica clínica real.

Implicaciones pedagógicas y perspectivas futuras

Los hallazgos y experiencias discutidos conllevan importantes implicaciones curriculares y orientaciones pedagógicas de futuro en el campo de la educación ecográfica. En primer lugar, los resultados positivos asociados a la gamificación y la simulación sugieren que estas estrategias deberían integrarse de manera planificada en los programas formativos de ecografía. Lejos de ser consideradas técnicas experimentales aisladas, pasan a perfilarse como componentes valiosos de un currículo moderno, complementando las sesiones teóricas y prácticas tradicionales. Organismos internacionales ya han reconocido esta necesidad; por ejemplo, la Federación Mundial de Ultrasonido en Medicina y Biología (WFUMB, por sus siglas en inglés) en su posicionamiento de 2020 recomendó incorporar la enseñanza de ecografía desde etapas tempranas de la carrera, integrando laboratorios de habilidades con simuladores ecográficos para asegurar la suficiente exposición práctica de los estudiantes (WFUMB, 2020). Esto refleja una tendencia a nivel global hacia currículos más blended (mixtos), donde herramientas digitales interactivas, simulación clínica y aprendizaje basado en competencias se entrelazan para formar médicos con mayores destrezas en el uso de ultrasonido. Desde una perspectiva pedagógica, la exitosa implementación de entornos híbridos gamificados-simulados reafirma la importancia de un aprendizaje centrado en el estudiante. Estas metodologías fomentan la autonomía, el pensamiento crítico y la autorregulación del alumno, ya que le exigen involucrarse activamente, tomar decisiones durante los juegos o simulaciones, y reflexionar sobre sus errores y logros. Los docentes, por su parte, asumen el rol de facilitadores y diseñadores de experiencias de aprendizaje más que el de transmisores unidireccionales de información. Para el profesorado, esto implica desarrollar nuevas competencias en la creación de contenidos gamificados y en el manejo de tecnología de simulación, así como en la gestión de dinámicas grupales más participativas.

A nivel institucional, la adopción de estas innovaciones puede requerir inversión en equipos (p. ej., simuladores de alta fidelidad, plataformas de software educativas) y en capacitación docente, pero los beneficios a mediano y largo plazo –en términos de rendimiento estudiantil, satisfacción y preparación clínica– justifican dichos esfuerzos. En cuanto a proyecciones futuras, los resultados de esta experiencia educativa abren la

puerta a explorar su aplicación en otros contextos y disciplinas médicas. La combinación de gamificación y simulación podría trasladarse a la enseñanza de procedimientos invasivos guiados por imagen, a la formación en resucitación cardiopulmonar con ecografía integrada, e incluso a la educación continuada de médicos residentes en diversas especialidades. Además, sería pertinente investigar el impacto a largo plazo de este enfoque híbrido: por ejemplo, evaluar si los estudiantes formados con estas metodologías mantienen un mejor desempeño en ecografía durante sus prácticas clínicas avanzadas o su ejercicio profesional inicial, en comparación con quienes recibieron una formación convencional. También surge la necesidad de desarrollar instrumentos de evaluación más completos que capten tanto la competencia técnica como la toma de decisiones clínicas y la comunicación, integrando la autoevaluación del estudiante para seguir alineando la competencia percibida con la real. En conclusión, la experiencia de integrar gamificación y simulación en la enseñanza de ecografía demuestra un potencial transformador en la formación médica. Al reorganizar el currículo en torno a estrategias activas y centradas en el aprendiz, se logra no solo mejorar el conocimiento y las habilidades técnicas, sino también cultivar estudiantes más motivados, seguros y conscientes de sus propias competencias. Estas mejoras, a su vez, sientan las bases para egresados mejor preparados para enfrentar los desafíos de la práctica clínica con el ultrasonido como herramienta diagnóstica. Por ello, las instituciones educativas y los diseñadores curriculares están llamados a considerar e incorporar estas innovaciones pedagógicas, adaptándolas a sus realidades particulares, con miras a optimizar la calidad de la educación médica y, en última instancia, la calidad de la atención en salud que brindarán los futuros profesionales.

Las evidencias convergentes permiten afirmar que la combinación de micro-aprendizaje gamificado y simulación clínica constituye una estrategia superior a los enfoques exclusivamente presenciales o virtuales, especialmente en competencias motrices complejas. La notable magnitud de los efectos prácticos ($\eta^2p > .4$) legitima la expansión de esta metodología a otras regiones anatómicas y especialidades quirúrgicas. Sin embargo, para maximizar la transferibilidad se recomienda:

Primero, la evaluación de retención a largo plazo no fue abordada, a diferencia de Lai et al. (2020), por lo que futuras investigaciones deberían incluir mediciones a seis meses o un año.

Segundo, la muestra se limitó a estudiantes de pregrado; sería pertinente replicar el diseño en residentes y profesionales en ejercicio para validar la generalizabilidad de los resultados.

Tercero, la fase de escape room clínico y la realidad virtual inmersiva podrían incorporarse como complemento a la simulación presencial, explorando sinergias metodológicas que potencien aún más la motivación y la transferencia de habilidades.

Capítulo VI. Conclusions, Recommendations and Limitations.

“Nothing in life is to be feared, it is only to be understood. Now is the time to understand more, so that we may fear less.”

«Nada en la vida debe ser temido, solo comprendido. Ahora es el momento de comprender más, para que podamos temer menos.»

—Marie Curie (1867–1934) fue una física y química polaco-francesa, pionera en el estudio de la radiactividad, galardonada con el Nobel de Física en 1903 y el Nobel de Química en 1911.

Conclusions:

- **Ceiling effect of lecture-based teaching for purely theoretical content:** In the simulation, the control group outperformed the experimental group in *“Histology & Normal Anatomy”* ($\Delta = +3.40$ points; $\eta^2_p = 0.53$), suggesting that for strictly theoretical content, expository lecturing can still be more efficient than a brief practical session.
- **Limited impact of gamification alone on certain domains:** During the digital phase, identifying breast findings showed no advantage between groups ($F = 0.23$; $p > 0.60$); proficiency only emerged after the hands-on workshop, underscoring the need for tactile, three-dimensional feedback.
- **Performance-confidence convergence:** The strong correlation between knowledge and self-perception ($r = 0.75$) indicates that after the intervention students calibrated their own ability well, reducing the risk of overconfidence or clinical underestimation.
- **Motivational impact of low-cost simulation:** The preference for the low-cost breast phantom (mean 4.89/5) even without prior experience confirms that inexpensive resources can generate deep engagement and learning.
- **Extraordinarily large effect size:** $d \approx 3.62$ in knowledge and 3.91 in self-perception indicates that the combination of gamified micro-learning and simulation shifts most students from average performance into the outstanding

competence zone. This outcome is highly unusual in medical education and justifies the curricular adoption of the hybrid model.

- **Moderate-to-high improvement in normal breast histology and anatomy:** During the Instagram® + Kahoot!® micro-learning phase ($\eta^2_p \approx 0.12$; $F = 10.07$), brief visual micro-content was sufficient to cement factual knowledge prior to the workshop, reducing the cognitive load afterward.
- **Ultrasound physics fundamentals:** In the topic of ultrasound physics principles, the Time $\times$ Group interaction reached $F = 27.15$ ($\eta^2_p \approx 0.27$), meaning the playful component helps learners grasp abstract concepts—key to optimizing images—that traditionally require lengthy lecture-based explanations.
- **Gains in normal ultrasound anatomy:** An effect of $\eta^2_p \approx 0.27$ (Pillai's trace = 0.815) demonstrates that repeated exposure to real images on social networks accelerates the formation of 2D/3D mental maps necessary for live ultrasound examination.
- **No post-digital difference in lesion recognition:** The absence of differences in recognizing benign and suspicious lesions after the digital phase ($p = 0.633$) confirms that simple online viewing is not sufficient for complex diagnostic patterns. Deliberate practice with real equipment is required.
- **Increased device confidence via gamification:** Even without direct contact with the ultrasound machine, the gamified activities raised students' self-confidence in operating the equipment ($F = 8.64$; $p = 0.004$). This suggests that immediate reinforcement (points, "likes") activates self-efficacy expectations that predispose students to more efficient hands-on learning.
- **Large knowledge jump from hands-on workshop:** The hands-on workshop produced a very large leap in ultrasound anatomy knowledge ($F = 57.27$; $\eta^2_p \approx 0.44$), showing that physically manipulating the transducer consolidates the theory learned online and moves students closer to the "Show How" level of Miller's pyramid.
- **Improved benign findings identification:** Identification of benign findings improved with a partial $\eta^2_p \approx 0.45$ ($F = 60.447$), which in clinical practice translates into a lower false-positive rate during supervised practice sessions.

- **Increased malignant finding accuracy:** Similarly, accuracy in recognizing malignant findings increased significantly ($F = 75.871$; $\eta^2_p \approx 0.51$), doubling the control group's improvement and reducing the potential risk of errors of omission in real scenarios.
- **Boost in confidence for detecting lesions:** Self-perceived ability to detect suspicious lesions showed the largest effect ($\eta^2_p \approx 0.506$), reinforcing that diagnostic confidence depends not only on objective skill but also on the operator's calibrated self-confidence.
- **Improved ultrasound physics knowledge after simulation:** After the simulation, knowledge of ultrasound machine physics exceeded the control by +2.3 points, suggesting that the haptic experience allows students to link technical parameters (gain, depth) with the resulting image, effectively closing the theory–practice loop.
- **Lecture slightly better for histology recall:** The lecture-based class only slightly outperformed the workshop for histology content ($\Delta = +3.40$), indicating that for content requiring heavy memorization the traditional method can remain cost-efficient, whereas simulation provides greater value for visuo-spatial skills.
- **Knowledge and confidence almost linearly related:** There is an almost linear relationship between objective knowledge and self-perception ($R^2 = 0.625$; $B = 0.91$). This implies that improving factual understanding proportionally increases confidence, narrowing the gap between what students know and what they believe they know.
- **Dramatic improvement among initially low performers:** The experimental group increased from 4.63 to 8.03 points in anatomy-histology, versus 5.32 to 6.27 in the control. Pragmatically, this means that the majority of students who began below the passing mark ended up well above the acceptable clinical threshold.
- **High explained variance in diagnostic confidence:** Fully 83.5% of the variance in self-perception of malignant findings ($\eta^2_p \approx 0.835$) was explained, reaffirming the potency of simulation for critical competencies. This suggests that few external factors interfere when practice is intensive and guided.

- **Outstanding satisfaction ratings:** Student satisfaction scores were excellent (4.3/5 in the digital phase; 4.8/5 in the hands-on simulation), indicating that the strategy is not only effective but also highly motivating — a necessary condition for long-term curricular sustainability.
- **Broad consistency across outcomes:** Ten of the fourteen variables evaluated showed a significant Time $\times$ Group interaction, confirming that the benefit of the blended model is consistent and extends across both cognitive and affective domains.
- **Effect sizes exceed prior studies:** The observed effect sizes far exceed those reported by Lai *et al.* ($\eta^2 \approx 0.40$) and Olgers *et al.* ($d \approx 0.85$), underscoring that the social component of Instagram® adds a distinctive pedagogical value.
- **>95% chance of outperforming the control average:** With a Cohen's $d \approx 3.9$, the model's practical significance implies over a 95% probability that any student who undergoes the intervention will surpass the control group's average performance. This is an exceptional figure in health education.
- **Statistical assumptions validated:** Mauchly's sphericity test yielded $W = 1.000$, confirming that the ANOVA assumptions were met and reinforcing the internal validity of the statistical analyses.
- **Social micro-learning as reinforcement:** Social micro-learning elements (e.g. comments and “likes”) act as immediate positive reinforcement and explain part of the sustained motivation observed—a phenomenon noted by recent studies in medical gamification.
- **Fulfilling self-determination needs:** The intervention meets all three pillars of self-determination theory (competence, autonomy, and relatedness), fostering intrinsic engagement that better predicts long-term retention.
- **Advancing faster up Miller's pyramid:** Thanks to the workshop, students progressed more quickly to the “Show How” and “Do” levels of Miller's pyramid, narrowing the gap between academic learning and real-world clinical performance.
- **Key limitations and need for follow-up:** Notable limitations include the quasi-experimental design and the lack of six-month follow-up, which calls for longitudinal studies to confirm the persistence of these gains.

- **Augmented reality and escape rooms suggested:** It is recommended to integrate augmented reality and clinical escape-room scenarios, as the literature identifies these methods as motivating complements with moderate yet consistent educational benefits.
- **Urgent need for holistic assessment tools:** There is an urgent need to develop holistic evaluation instruments that combine technical performance, decision-making, and communication skills, thereby avoiding self-report bias and enabling international comparisons.
- **Low-cost phantoms ensure affordability:** The use of low-cost ultrasound phantoms guarantees economic viability without sacrificing acoustic realism, promoting equity for institutions with limited resources.
- **Digital phase as cognitive warm-up:** The digital phase serves as a cognitive warm-up, reducing overload during the workshop and accelerating the practical learning curve, as evidenced by the rapid visuo-spatial gains observed.
- **Transferability to other contexts:** The approach is transferable to other anatomical regions and to other image-guided procedures (e.g. biopsies, ultrasound-guided CPR), opening avenues for applied research in multiple specialties.
- **Overall pedagogical synergy:** In summary, the blended-learning strategy provides a pedagogical synergy that outperforms traditional lecture-based instruction and one-dimensional approaches, combining high quantitative impact with strong student acceptance.

Answers to Objectives

1. **Secondary Objective 1:** Determine if the blended learning methodology significantly improves the experimental group's cognitive performance compared to the control group (pre-test/post-test ANOVA).

The repeated-measures ANOVA on normal breast ultrasound anatomy exhibited a highly significant Time $\times$ Group interaction ($F = 57.265$; $\eta^2_p = 0.44$), with Pillai's trace = 0.436 and sphericity assumed (Mauchly's $W = 1.000$). Marginal means confirm the practical significance: the experimental group's score increased from 4.632 ± 0.30 to 8.034 ± 0.25 points, whereas the control group advanced only from 5.316 to 6.273. The final post-test difference of 1.761 points favors the experimental group (95% CI: 0.992–2.531). In the overall post-test knowledge score (21 ± 3.5 vs. 31.2 ± 2.0), the effect size was $d \approx 3.62$, which is categorized as extraordinarily large.

Conclusion: The hybrid model accounts for ~44% of the variance in cognitive outcomes and shifts students by nearly four standard deviations above the traditional method, legitimizing its inclusion in the curriculum.

2. **Secondary Objective 2:** Determine the impact of the hands-on simulation session on the diagnostic accuracy of benign and malignant findings.

For knowledge of benign and suspicious findings, the Time $\times$ Group interaction reached $F = 35.660$ ($\eta^2_p = 0.325$, Pillai's trace = 0.325). The experimental group's knowledge scores jumped from 4.702 to 8.258 points (95% CI: 7.725–8.791), compared to an increase from 4.316 to 5.528 in the control. Self-assessed ability to identify malignant findings exhibited the largest improvement ($F = 75.871$; $\eta^2_p = 0.506$); the mean self-perception score rose by +5.710 points (from 2.895 to 8.605) versus +2.162 points in the control group. All clinical performance measures showed partial effect sizes between ~0.45 and 0.51, effectively doubling the gains of the conventional method and reducing the risk of false negatives during supervised practice.

Conclusion: The hands-on phase yields a clinically relevant improvement in diagnostic performance ($\eta^2_p \approx 0.33$ –0.51) and demonstrates that even low-cost phantoms are sufficient for training the discrimination of complex pathologies.

3. **Secondary Objective 3:** Evaluate student satisfaction levels and the intention to recommend the blended model, in relation to its perceived usefulness and realism.

In the simulation phase, key evaluation items received mean scores of 4.63–5.00 out of 5 (with standard deviations ≤ 0.49); notably, the realism of the ultrasound device was rated 5.00 ± 0.00 by all students. The overall course rating (mean 4.63) and the willingness to recommend the course (4.63) support the program's viability, and achievement of learning objectives was rated 4.74/5. A relational analysis (see Table 75) showed an almost one-to-one correspondence between perceived usefulness (items 1–2) and satisfaction (item 3), as well as a direct link between perceived realism (item 4) and the intention to adopt the approach (item 5).

Conclusion: The intervention achieved a consensus of excellence (scores $\geq 4.6/5$) and confirms that the perceived realism of the educational experience is the predominant qualitative predictor of the program's acceptance and dissemination.

Recommendations

The following action lines are proposed to strengthen, validate, and sustainably expand the combined pedagogical sequence of gamified micro-learning and in-person simulation in breast ultrasound:

1. Longitudinal integration into the curriculum

- o Extend the intervention across multiple years of the medical program through sequential modules.
- o Include retention assessments at 6 and 12 months, as well as objective performance evaluations on real patients or standardized OSCE stations.

2. Implementation of learning analytics

- o Automatically process data from Kahoot!® and Instagram® to promptly identify students who are struggling.
- o Personalize reinforcement pathways and remedial activities, in line with AMEE recommendations on learning analytics.

3. Validation of measurement instruments

- o Adopt internationally validated self-efficacy scales for ultrasound to standardize student self-assessment.
- o Use uniform evaluation instruments to facilitate cross-study comparisons and enable future meta-analyses.

4. Resource optimization and cost reduction

- o Promote local fabrication of 3D-printed ultrasound phantoms and evaluate their diagnostic equivalence against commercial models.
- o Ensure the economic sustainability of the program in resource-limited settings.

5. Integration of artificial intelligence

- o Develop AI tools to evaluate image quality and probe ergonomics in real time.
- o Provide automated feedback to students in order to accelerate the learning curve and reduce the burden on instructors.

6. Standardization and instructor training

- o Define faculty competencies for point-of-care ultrasound (POCUS) instruction through Delphi studies or other consensus methods.
- o Ensure consistent and objective feedback, and facilitate program replication and scalability by training instructors to agreed standards.

Limitations

- **Quasi-experimental design:** Assignment to the intervention and control groups was not fully randomized, exposing the study to potential selection biases despite statistical equivalence in baseline scores.
- **Sample size and representativeness:** The number of participants, while sufficient to detect large effect sizes, was moderate and drawn from a single medical school. Specific curricular or cultural characteristics of that institution may have influenced the response to gamification and simulation.
- **Limited time frame:** The intervention was confined to a two-week period with no medium- or long-term follow-up, so we could not evaluate the forgetting rate or the transfer of competencies to real clinical settings.
- **Self-efficacy measurement:** The improvements in self-perception were measured using ad hoc scales whose construct validity and reliability outside this study's context have not been established.
- **Preliminary cost-effectiveness estimate:** The economic analysis was based on theoretical projections that did not account for indirect costs (equipment maintenance, instructor compensation, effects on clinical performance indicators). Therefore, demonstrating the model's sustainability in other contexts will require further empirical validation.

Bibliografía

1. *Las cifras del cáncer en España 2024*. (2024). Sociedad Española de Oncología Médica (SEOM). https://www.seom.org/images/LAS_CIFRAS_2024.pdf
2. *ACR BI-RADS atlas : breast imaging reporting and data system* (5th ed.). (2013). Reston. <http://lib.ugent.be/catalog/rug01:002148922>
3. Alonzo, D., Oo, C. Z., Wijarwadi, W., & Hannigan, C. (2023). Using social media for assessment purposes: Practices and future directions. *Frontiers in Psychology*, 13(January 2023), 1–15. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1075818>
4. Alsafi, Ali Nour, Alsafi, Ali Nour, Alsafi, N., & Alsafi, A. (2020). Instagram: A platform for ultrasound education? *Ultrasound*, 29(1), 44–47. <https://doi.org/10.1177/1742271X20920908>
5. American Cancer Society. (2023). Breast Cancer Early Detection and Diagnosis American Cancer Society Recommendations for the Early Detection of Breast Cancer. *American Cancer Society*, 1–55. <https://www.cancer.org/content/dam/CRC/PDF/Public/8579.00.pdf>
6. Aparicio, J. G. (2015). *Adaptación del método de cuatro pasos de Peyton para el aprendizaje de la interpretación de las radiografías de tórax , en grupos de alumnos de prácticas de Medicina* [Universidad de Salamanca.]. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/10366/126715>
7. Ashraf, M. A., Khan, M. N., Chohan, S. R., Khan, M., Rafique, W., Farid, M. F., & Khan, A. U. (2021). Social media improves students' academic performance: exploring the role of social media adoption in the open learning environment among international medical students in china. *Healthcare (Switzerland)*, 9(10). <https://doi.org/10.3390/healthcare9101272>
8. Ateş, C., Kaymaz, Ö., Kale, H. E., & Tekindal, M. A. (2019). Comparison of Test Statistics of Nonnormal and Unbalanced Samples for Multivariate Analysis of Variance in terms of Type-I Error Rates. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/2173638>
9. Azcona Sáenz, J., Herrán de la Gala, D., Bui, P. P. B., Arnáiz García, J., Menéndez Fernández-Miranda, P., Lamprecht, Y., Drake Pérez, M., & Marco de Lucas, E.

- (2021). Instagram's Influence on Radiology Today: Reviewing the Evolving Educational Journey from a Hospital to National Societies. *Journal of Digital Imaging*, 34(5), 1316–1327. <https://doi.org/10.1007/s10278-021-00474-x>
10. Bahner, D. P., Jasne, A., Boore, S., Mueller, A., & Cortez, E. (2012). The Ultrasound Challenge. *Journal of Ultrasound in Medicine*, 31(12), 2013–2016. <https://doi.org/10.7863/jum.2012.31.12.2013>
 11. Birrane, J., Misran, H., Creaney, M., Shorten, G., & Nix, C. M. (2018). A Scoping Review of Ultrasound Teaching in Undergraduate Medical Education. *Medical Science Educator*, 28(1), 45–56. <https://doi.org/10.1007/s40670-017-0491-4>
 12. Biswas, S. S., Biswas, S., Awal, S. S., & Goyal, H. (2022). Current Status of Radiology Education Online: a Comprehensive Update. *SN Comprehensive Clinical Medicine*, 4(1). <https://doi.org/10.1007/s42399-022-01269-z>
 13. Bleakley, A. (2021). Embracing ambiguity: Curriculum design and activity theory. *Medical Teacher*, 43(1), 14–18. <https://doi.org/10.1080/0142159X.2020.1795099>
 14. Boivin, Z., Carpenter, S., Lee, G., Chimileski, B., Harrison, J., Choudhary, D., & Herbst, M. (2022). Evaluation of a Required Vertical Point-of-Care Ultrasound Curriculum for Undergraduate Medical Students. *Cureus*, 14(10), 1–11. <https://doi.org/10.7759/cureus.30002>
 15. Bonanad, C., Bañeras, J., Merenciano, H., & González-Calle, D. (2022). Impacto emocional de un programa pionero de simulación médica avanzada para residentes de cardiología: más allá de las habilidades técnicas. *REC: CardioClinics*, 57(S 2), S12–S18. <https://doi.org/10.1016/j.rccl.2022.07.004>
 16. Boulger, C., Liu, R. B., De Portu, G., Theyyunni, N., Lewis, M., Lewiss, R. E., Soucy, Z. P., Dinh, V. A., Chiem, A., Singhal, S., Di Salvo, D., Pellerito, J. S., & Bahner, D. (2019). A National Point-of-Care Ultrasound Competition for Medical Students. *Journal of Ultrasound in Medicine*, 38(1), 253–258. <https://doi.org/10.1002/jum.14670>
 17. Browne, J. E., Gu, C., Fazzio, R. T., Fagan, A. J., Tradup, D. J., & Hangiandreou, N. J. (2019). Use of Novel Anthropomorphic Breast Ultrasound Phantoms for Radiology Resident Education. *Journal of the American College of Radiology*, 16(2), 211–218. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2018.08.028>

18. Canty, D. J., Hayes, J. A., Story, D. A., & Royse, C. F. (2015). Ultrasound simulator-assisted teaching of cardiac anatomy to preclinical anatomy students: A pilot randomized trial of a three-hour learning exposure. *Anatomical Sciences Education*, 8(1), 21–30. <https://doi.org/10.1002/ase.1452>
19. Careta, M. K., Alambert, M., Da Silva Sa, R., & Elias, S. (2023). Construction of Low-Cost Simulators for Training in Minimally Invasive Breast Procedures. *European Journal of Breast Health*, 20(1), 64–70. <https://doi.org/10.4274/ejbh.galenos.2023.2023-8-6>
20. Chin, R., Tagerman, D., Lima, D. L., & Sreeramoju, P. (2023). Twitter and surgery: how social media can impact surgical education. *Minerva Surgery*, 78(6), 710–716. <https://doi.org/10.23736/S2724-5691.23.09898-2>
21. Cisneros González, R. (2017). Trilogía de la investigación. In *Entretexos* (Vol. 9, Issue 25). <https://doi.org/10.59057/iberoleon.20075316.201725338>
22. Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
23. Cook, D. A., & Artino, A. R. (2016). Motivation to learn: an overview of contemporary theories. *Medical Education*, 50(10), 997–1014. <https://doi.org/10.1111/medu.13074>
24. Cook, D. A., & West, C. P. (2012). Conducting systematic reviews in medical education: A stepwise approach. *Medical Education*, 46(10), 943–952. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2012.04328.x>
25. Cordero G, Arturo; Goyo, Vanessa; Di Giampietro, Loretta; Ramírez, R. D. P., & Carlos. (2015). Elaboración de fantoma para entrenamiento en biopsia de mama guiada por ultrasonido. *Rev Venez Oncol*, 27(3), 144–148.
26. Corporación Nacional del Cáncer. (n.d.). *Nódulos: Características por Ultrasonido*. https://conac.cl/patologia_mamaria/cont2_2.php
27. DeBenedictis, C. M. (2023). Professionalism Training in the Post–COVID-19 Era. *Journal of the American College of Radiology*, 20(11), 1146–1151. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2023.04.004>
28. Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-2271-7>

29. Dedeilia, A., Sotiropoulos, M. G., Hanrahan, J. G., Janga, D., Dedeilias, P., & Sideris, M. (2020). Medical and surgical education challenges and innovations in the COVID-19 era: A systematic review. *In Vivo*, 34, 1603–1611. <https://doi.org/10.21873/invivo.11950>
30. Diehl, M., Wahl, H. W., & Freund, A. (2017). Ecological Validity as a Key Feature of External Validity in Research on Human Development. *Research in Human Development*, 14(3), 177–181. <https://doi.org/10.1080/15427609.2017.1340053>
31. Douglas, N. K. M., Scholz, M., Myers, M. A., Rae, S. M., Elmansouri, A., Hall, S., & Border, S. (2019). Reviewing the Role of Instagram in Education: Can a Photo Sharing Application Deliver Benefits to Medical and Dental Anatomy Education? *Medical Science Educator*, 29(4), 1117–1128. <https://doi.org/10.1007/s40670-019-00767-5>
32. Dziuban, C. D., Eds, C. R. G., Graham, C. R., Henrie, C. R., Gibbons, A. S., Graham, C. R., Graham, C. R., Henrie, C. R., & Gibbons, A. S. (2013). *Blended Learning* (A. G. Picciano, C. D. Dziuban, & C. R. Graham (eds.); Vol. 2, Issue 801). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315880310>
33. El Bialy, S., & Jalali, A. (2015). Go where the students are: A comparison of the use of social networking sites between medical students and medical educators. *JMIR Medical Education*, 1(2), 1–8. <https://doi.org/10.2196/mededu.4908>
34. Engel, B., Esser, M., & Bleckwenn, M. (2019). Piloting a blended-learning concept for integrating evidence-based medicine into the general practice clerkship. *GMS Journal for Medical Education*, 36(6), 1–14. <https://doi.org/10.3205/zma001279>
35. Ertl-Wagner, B., Barkhausen, J., Mahnken, A., Mentzel, H. J., Uder, M., Weidemann, J., Stumpp, P., Adam, G., Antoch, G., Beer, M., Bley, T., Bücker, A., Düber, C., Forsting, M., Hamm, B., Hauenstein, K., Heindel, W., Hosten, N., Jansen, O., ... Lohwasser, S. (2016). White Paper: Radiological Curriculum for Undergraduate Medical Education in Germany. *RoFo Fortschritte Auf Dem Gebiet Der Rontgenstrahlen Und Der Bildgebenden Verfahren*, 188(11), 1017–1023. <https://doi.org/10.1055/s-0042-116026>
36. Escamilla-Sanchez, A., López-Villodres, J. A., Alba-Tercedor, C., Ortega-Jiménez, M. V., Rius-Díaz, F., Sanchez-Varo, R., & Bermúdez, D. (2025). Instagram as a Tool

- to Improve Human Histology Learning in Medical Education: Descriptive Study. *JMIR Medical Education*, 11, e55861. <https://doi.org/10.2196/55861>
37. Essig, J., Watts, M., Beck Dallaghan, G. L., & Gilliland, K. O. (2020). InstaHisto: Utilizing Instagram as a Medium for Disseminating Visual Educational Resources. *Medical Science Educator*, 30(3), 1035–1042. <https://doi.org/10.1007/s40670-020-01010-2>
 38. Fan, L., & Qian, X. (2023). Self-explanation prompts boost transfer in an online Doppler obstetrics module. *Medical Science Educator*, 33(2), 401–412.
 39. Farshad-Amacker, N. A., Kubik-Huch, R. A., Kolling, C., Leo, C., & Goldhahn, J. (2023). Learning how to perform ultrasound-guided interventions with and without augmented reality visualization: a randomized study. *European Radiology*, 33(4), 2927–2934. <https://doi.org/10.1007/s00330-022-09220-5>
 40. Fedorcsak, P. (2024). Moderate benefit of escape room game on learning outcome in medicine. *BMC Medical Education*, 24(1). <https://doi.org/10.1186/s12909-024-06352-8>
 41. Field, A. (2018). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics* (5th ed.). Sage Publications.
 42. Fishman Elliot, K. [@ctisus_radiology]. (2025). *Social Media for Radiology Education 2025*. Post; Instagram. <https://www.instagram.com/p/DHBKV-jMbS7/>
 43. Fu, X. T., Hu, Y., Yan, B. C., Jiao, Y. G., Zheng, S. J., Wang, Y. G., Zhang, J. Y., & Wang, Z. B. (2022). The Use of Blended Teaching in Higher Medical Education during the Pandemic Era. *International Journal of Clinical Practice*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/3882975>
 44. Fulton, N., Buethe, J., Gollamudi, J., & Robbin, M. (2016). Simulation-based training may improve resident skill in ultrasound-guided biopsy. *American Journal of Roentgenology*, 207(6), 1329–1333. <https://doi.org/10.2214/AJR.16.16161>
 45. García-Castejón, G., Camerino, O., Castañer, M., Manzano-Sánchez, D., Jiménez-Parra, J. F., & Valero-Valenzuela, A. (2021). Implementation of a hybrid educational program between the model of personal and social responsibility (Tpsr) and the teaching games for understanding (tgfu) in physical education and

- its effects on health: An approach based on mixed methods. *Children*, 8(7).
<https://doi.org/10.3390/children8070573>
46. Georg Boyan, G. A. (2021). *La Regulación Ética y Moral de la Protección de Datos generada por el Big Data*. Universidad Comillas.
 47. Girden, E. R. (1992). *ANOVA: Repeated Measures*. SAGE Publications.
<https://doi.org/10.4135/9781412983419>
 48. Gong, H., Hsieh, S. S., Holmes, D. R., Cook, D. A., Inoue, A., Bartlett, D. J., Baffour, F., Takahashi, H., Leng, S., Yu, L., McCollough, C. H., & Fletcher, J. G. (2021). An interactive eye-tracking system for measuring radiologists' visual fixations in volumetric CT images: Implementation and initial eye-tracking accuracy validation. *Medical Physics*, 48(11), 6710–6723.
<https://doi.org/10.1002/mp.15219>
 49. Gong, J., Ruan, M., Yang, W., Peng, M., Wang, Z., Ouyang, L., & Yang, G. (2021). Application of blended learning approach in clinical skills to stimulate active learning attitudes and improve clinical practice among medical students. *PeerJ*, 1–13. <https://doi.org/10.7717/peerj.11690>
 50. Graefen, B., Hasanli, S., Jabrayilov, A., & Alakbarova, G. (2023). Instagram as a health education tool : Evaluating the efficacy and quality of medical content on Instagram in Azerbaijan College of Health Sciences and Pharmacy , Chicago State University , Chicago , USA International School of Medicine , University of He. *MedRxiv*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1101/2023.12.03.23299316>
 51. Graham, C., Henrie, C., & Gibbons, A. (2013). *Developing models and theory for blended learning research* (Vol. 4, pp. 13–33).
 52. Gravetter, F. J., & Wallnau, L. B. (2018). *Statistics for the Behavioral Sciences* (10th ed.). Cengage Learning.
 53. Greiner, B., Akers, M., Zeman, F., Goetz, A., Brandenstein, M., Stroszczyński, C., Jung, E. M., & Hammer, S. (2025). Phantom-based training of ultrasound-guided breast biopsy in medical education: a randomized controlled trial comparing handheld and high-end ultrasound. *BMC Medical Education*, 25(1), 551.
<https://doi.org/10.1186/s12909-025-07163-1>

54. Guckian, J., Utukuri, M., Asif, A., Burton, O., Adeyoju, J., Oumeziane, A., Chu, T., & Rees, E. L. (2021). *Social media in undergraduate medical education: A systematic review*. *May*, 1227–1241. <https://doi.org/10.1111/medu.14567>
55. Guerra Ferrada, C., & Carrasco, P. (2021). Educación médica y de ciencias de la salud basada en evidencia: perspectivas y desafíos. *ARS MEDICA Revista de Ciencias Médicas*, 46(4), 66–70. <https://doi.org/10.11565/arsmed.v46i4.1848>
56. Hamza, A., Solomayer, E. F., Takacs, Z., Juhasz-Boes, I., Joukhadar, R., Radosa, J. C., Mavrova, R., Marc, W., Volk, T., & Meyberg-Solomayer, G. (2016). Introduction of basic obstetrical ultrasound screening in undergraduate medical education. *Archives of Gynecology and Obstetrics*, 294(3), 479–485. <https://doi.org/10.1007/s00404-015-4002-9>
57. Hangiandreou, N. J. (2003). B-mode US: Basic Concepts and New Technology. *Radiographics*, 23(4), 1019–1033. <https://doi.org/10.1148/rg.234035034>
58. Harris, A. D., McGregor, J. C., Perencevich, E. N., Furuno, J. P., Zhu, J., Peterson, D. E., & Finkelstein, J. (2006). The use and interpretation of quasi-experimental studies in medical informatics. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 13(1), 16–23. <https://doi.org/10.1197/jamia.M1749>
59. He, Z., Li, H., Lu, L., Wang, Q., Wu, Q., & Lu, L. (2024). The application of blended teaching in medical practical course of clinical skills training. *BMC Medical Education*, 24(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s12909-024-05730-6>
60. Heesun Choi, DO, Alisa Wray, MD and Jonathan Smart, M. (2018). Zombie Cruise Ship Virtual Escape Room for POCUS Pulmonary: Scan Your Way Out. *Small, Large, and Median Groups*, 1–2. <https://doi.org/10.2>
61. Hege, I., Tolks, D., Adler, M., & Härtl, A. (2020). Blended learning: Ten tips on how to implement it into a curriculum in healthcare education. *GMS Journal for Medical Education*, 37(5), 1–12. <https://doi.org/10.3205/zma001338>
62. Hempel, D., Haunhorst, S., Sinnathurai, S., Seibel, A., Recker, F., Heringer, F., Michels, G., & Breitzkreutz, R. (2016). Social media to supplement point-of-care ultrasound courses: the “sandwich e-learning” approach. A randomized trial. *Critical Ultrasound Journal*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s13089-016-0037-9>
63. Hennekes, M., Rahman, S., Schlosser, A., Drake, A., Nelson, T., Hoffberg, E., & Jones, R. A. (2021). The PEGASUS Games: Physical Exam, Gross Anatomy,

- phySiology and UltraSound Games for Preclinical Medical Education. *POCUS Journal*, 6(1), 22–28. <https://doi.org/10.24908/pocus.v6i1.14758>
64. Hernandez Sampieri, R. (2019). Metodologías de la Investigación. In McGrawHill (Ed.), *McGrawHill* (Vol. 11, Issue 1). http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SI STEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI
 65. Herrero-Villarreal, D., Fussero, G. B., Gandolfo, N., Dalmaso, M. B., Echeveste, M. E., Guanuco, R. S., & Pérez, H. A. (2023). Un estudio de multicaso sobre experiencias de Educación Híbrida en universidades de América Latina. *Revista Educación Superior y Sociedad (ESS)*, 35(1), 426–449. <https://doi.org/10.54674/ess.v35i1.704>
 66. Hoffmann, B., Blaivas, M., Abramowicz, J., Bachmann, M., Badea, R., Braden, B., Cantisani, V., Chammas, M. C., Cui, X.-W., Dong, Y., Gilja, O. H., Hari, R., Lamprecht, H., Nisenbaum, H., Nolsøe, C. P., Nürnberg, D., Prosch, H., Radzina, M., Recker, F., ... Dietrich, C. F. (2020). Medical Student Ultrasound Education, a WFUMB Position Paper, Part II. A consensus statement of ultrasound societies. *Medical Ultrasonography*, 22(2), 220. <https://doi.org/10.11152/mu-2599>
 67. Hsieh, J. G., Kuo, L. C., & Wang, Y. W. (2019). Learning medical professionalism—the application of appreciative inquiry and social media. *Medical Education Online*, 24(1). <https://doi.org/10.1080/10872981.2019.1586507>
 68. IAB Spain. (2023). *Estudios de redes sociales 2023*. 13–25. <https://iabspain.es/sin-acceso/download-id/240924/?>
 69. Ilic, D., Hart, W., Fiddes, P., Misso, M., & Villanueva, E. (2013). Adopting a blended learning approach to teaching evidence based medicine: A mixed methods study. *BMC Medical Education*, 13(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/1472-6920-13-169>
 70. Jandu, S., & Carey, J. L. (2025). Exploring Social Media Use Among Medical Students Applying for Residency Training: Cross-Sectional Survey Study. *JMIR Medical Education*, 11, 1–9. <https://doi.org/10.2196/59417>

71. Jeong, S. H., Roh, Y. H., Yoon, J. H., Lee, E. H., Kim, S. H., Youk, J. H., Kim, Y. M., & Kim, M. J. (2017). Radiology Residents' Comprehension of the Breast Imaging Reporting and Data System: The Ultrasound Lexicon and Final Assessment Category. *Journal of the Korean Society of Radiology*, 77(1), 19. <https://doi.org/10.3348/jksr.2017.77.1.19>
72. Juhi, A., Pinjar, M. J., Marndi, G., Hungund, B. R., & Mondal, H. (2023). Evaluation of Blended Learning Method Versus Traditional Learning Method of Clinical Examination Skills in Physiology Among Undergraduate Medical Students in an Indian Medical College. *Cureus*, 15(4), 1–10. <https://doi.org/10.7759/cureus.37886>
73. Junge, K., Larsen, J. D., Stougaard, S. W., Jensen, R. O., Falster, C., Posth, S., Nielsen, A. B., Laursen, C. B., Konge, L., Graumann, O., & Pietersen, P. I. (2024). Education in Focused Assessment With Sonography for Trauma Using Immersive Virtual Reality: A Prospective, Interventional Cohort Study and Non-inferiority Analysis With a Historical Control. *Ultrasound in Medicine and Biology*, 50(2), 277–284. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2023.10.013>
74. Kameda, T., Taniguchi, N., Konno, K., Koibuchi, H., Omoto, K., & Itoh, K. (2022). Ultrasonography in undergraduate medical education: a comprehensive review and the education program implemented at Jichi Medical University. *Journal of Medical Ultrasonics*, 49(2), 217–230. <https://doi.org/10.1007/s10396-021-01178-z>
75. Kamel, N. A. (2022). Bio-piezoelectricity: fundamentals and applications in tissue engineering and regenerative medicine. *Biophysical Reviews*, 14(3), 717–733. <https://doi.org/10.1007/s12551-022-00969-z>
76. Karbasi, Z., Eslami, P., Zahmatkeshan, M., & Hajesmaeel Gohari, S. (2023). Investigating the Effectiveness of Blended Learning as a New Strategy for Teaching Anatomy to Medical Students: A Systematic Review. *Strides in Development of Medical Education Journal*, 20(1), 162–172. <https://doi.org/10.22062/sdme.2023.198828.1252>
77. Kauffman, L., Lopez-Ramirez, F., Weisberg, E. M., & Fishman, E. K. (2024). Instagram reels versus image posts in radiology education. *Current Problems in*

- Diagnostic Radiology*, 54(2), 170–175.
<https://doi.org/10.1067/j.cpradiol.2024.08.005>
78. Kim, K. J. (2024). Medical student needs for e-learning: perspectives of the generation Z. *Korean Journal of Medical Education*, 36(4), 389–399.
<https://doi.org/10.3946/kjme.2024.312>
 79. Kim, M., Son, M. H., Moon, S., Cha, W. C., Jo, I. J., & Yoon, H. (2025). A Mixed Reality--Based Telesupervised Ultrasound Education Platform on 5G Network Compared to Direct Supervision: Prospective Randomized Pilot Trial. *JMIR Serious Games*, 13, e63448. <https://doi.org/10.2196/63448>
 80. Koenig, J. F. L., Buentzel, J., Jung, W., Truemper, L., & Wurm-Kuczera, R. I. (2021). Using instagram to enhance a hematology and oncology teaching module during the covid-19 pandemic: Cross-sectional study. *JMIR Medical Education*, 7(4), 1–7. <https://doi.org/10.2196/30607>
 81. Kolb, D. A. (1984). Experiential Learning: Experience as The Source of Learning and Development. *Prentice Hall, Inc.*, 1984, 20–38.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-7223-8.50017-4>
 82. Kondrashova, T., & Coleman, C. (2017). Enhancing Learning Experience Using Ultrasound Simulation in Undergraduate Medical Education: Student Perception. *Medical Science Educator*, 27(3), 489–496.
<https://doi.org/10.1007/s40670-017-0416-2>
 83. Kondrashova, T., & Kondrashov, P. (2018). Integration of Ultrasonography into the Undergraduate Medical Curriculum: Seven Years of Experience. *Missouri Medicine*, 115(1), 38–43.
 84. Kremkau, F. W. (2016). Sonography : principles and instruments. In *American Speech*.
 85. Lai, A. K. H., Noor Azhar, A. M. bin, Bustam, A. binti, Tiong, X. T., Chan, H. C., Ahmad, R. bin, & Chew, K. S. (2020). A comparison between the effectiveness of a gamified approach with the conventional approach in point-of-care ultrasonographic training. *BMC Medical Education*, 20(1), 263.
<https://doi.org/10.1186/s12909-020-02173-7>

86. Lakens, D. (2013). Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: A practical primer for t-tests and ANOVAs. *Frontiers in Psychology*, 4(NOV), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00863>
87. Larsen, J. D., Jensen, R. O., Pietersen, P. I., Jacobsen, N., Falster, C., Nielsen, A. B., Laursen, C. B., Konge, L., & Graumann, O. (2023). Education in Focused Lung Ultrasound Using Gamified Immersive Virtual Reality: A Randomized Controlled Study. *Ultrasound in Medicine & Biology*, 49(3), 841–852. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2022.11.011>
88. Lawson, M. B., Herschorn, S. D., Sprague, B. L., Buist, D. S. M., Lee, S. J., Newell, M. S., Lourenco, A. P., & Lee, J. M. (2022). Imaging Surveillance Options for Individuals With a Personal History of Breast Cancer: AJR Expert Panel Narrative Review. *American Journal of Roentgenology*, 219(6), 854–868. <https://doi.org/10.2214/AJR.22.27635>
89. Liang Liu, E., & Helland, G. (2023). Gamification in Point of Care Ultrasound Education. *Intersections: The Health Education Journal of the Woodruff Health Sciences Center*, 1–7. <https://doi.org/10.59450/OYWD6862>
90. Limchareon, S., & Kongprompsuk, S. (2018). A single static breast model education of ultrasound skill in final year medical students of Burapha University. *Journal of Medical Ultrasound*, 26(3), 143–146. https://doi.org/10.4103/JMU.JMU_11_18
91. Lockey, A., Bland, A., Stephenson, J., Bray, J., & Astin, F. (2022). Blended Learning in Health Care Education: An Overview and Overarching Meta-analysis of Systematic Reviews. *The Journal of Continuing Education in the Health Professions*, 42(4), 256–264. <https://doi.org/10.1097/CEH.0000000000000455>
92. Ma, I. W. Y., Steinmetz, P., Weerdenburg, K., Woo, M. Y., Olszynski, P., Heslop, C. L., Miller, S., Sheppard, G., Daniels, V., Desy, J., Valois, M., Devine, L., Curtis, H., Romano, M. J., Martel, P., Jelic, T., Topping, C., Thompson, D., Power, B., ... Tonseth, P. (2020). The Canadian Medical Student Ultrasound Curriculum: A Statement From the Canadian Ultrasound Consensus for Undergraduate Medical Education Group. *Journal of Ultrasound in Medicine*, 39(7), 1279–1287. <https://doi.org/10.1002/jum.15218>

93. Madeline Sterling, MD, M. (2017). *The Use of Social Media in Graduate Medical Education: A Systematic Review*. 92(7), 1043–1056. <https://doi.org/10.1097/ACM.0000000000001617>.The
94. Maloney, L. M., Seidman, P. A., Zach, K. M., Tewari, N. K., Tito, M. F., & Page, C. R. (2020). Use of gelatin puzzle phantoms to teach medical students isolated ultrasound transducer movements and fundamental concepts. *BMC Medical Education*, 20(1), 1–7. <https://doi.org/10.1186/s12909-020-1937-8>
95. Martinelli, S. M., Isaak, R., Canter, C., Meltzer-Brody, S., Nichols, K., Grewe, M., & Chen, F. (2023). The Family Experience: A Family-Focused Support Intervention to Enhance Wellness in Undergraduate Medical Education. *Academic Medicine*, 98(11S), S180–S181. <https://doi.org/10.1097/acm.0000000000005397>
96. McGaffey, M., Linden, A., Sears, W., Monteith, G., Khosa, D. K., & Blois, S. L. (2024). Teaching Accuracy Through Repeated Gamified Echography Training (TARGET): Assessment of an Ultrasound Skill Simulator in Teaching Ultrasound-Guided Needle Placement, a Prospective Observational Study. *Journal of Veterinary Medical Education*, 51(1), 95–103. <https://doi.org/10.3138/jvme-2022-0131>
97. McGaghie, W. C., Issenberg, S. B., Petrusa, E. R., & Scalese, R. J. (2010). A critical review of simulation-based medical education research: 2003-2009. *Medical Education*, 44(1), 50–63. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2009.03547.x>
98. Mendelson, E. B., Böhm-Vélez, M., Berg, W. A., Whitman, G. J., Madjar, H., Rizzatto, G., Baker, J. A., Zuley, M., Stavros, A. T., Comstock, C., & Duyn Wear, V. Van. (2013). ACR BI-RADS® Ultrasound 2013 As of 12/05/2013. *ACR BI-RADS® Atlas, Breast Imaging Reporting and Data System*, 149.
99. Miller, C. J., Smith, S. N., & Pugatch, M. (2020). Experimental and quasi-experimental designs in implementation research. *Psychiatry Research*, 283(1), 112452. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2019.06.027>
100. Mishall, P. L., Meguid, E. M. A., Elkhider, I. A., & Khalil, M. K. (2024). The Application of Flipped Classroom Strategies in Medical Education: A Review and Recommendations. *Medical Science Educator*, 35(1), 531–540. <https://doi.org/10.1007/s40670-024-02166-x>

101. Morales, M. [@color. radiology. (2023). *BIRADS - Hallazgos por Ecografía*. Post; Instagram. <https://www.instagram.com/p/CnwqifxOhYt/>
102. Muhammad, L. N. (2023). Guidelines for repeated measures statistical analysis approaches with basic science research considerations. *Journal of Clinical Investigation*, 133(11), 2–4. <https://doi.org/10.1172/JCI171058>
103. Muhd Al-Aarifin, I., Anisa, A., Jamilah, A.-M. M., Nik Mohd Rizal, M. F., Mohd Zarawi, M. N., & Mohamad Najib, M. P. (2019). Using Kahoot! as a formative assessment tool in medical education: A phenomenological study. *BMC Medical Education*, 19(1), 1–8.
104. Nicholls, D., Sweet, L., & Hyett, J. (2014). Comments on “Twelve tips for teaching with ultrasound in the undergraduate curriculum.” *Medical Teacher*, 36(7), 643–643. <https://doi.org/10.3109/0142159X.2014.909020>
105. Obeso, M., & Marta, P. (2025). *The International Journal of Management Education Enhancing students ' learning outcomes through smartphones : A case study of using instagram in higher management education*. 21(September 2023). <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2023.100885>
106. Reglamento general de protección de datos (RGPD), 6 (2022). <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/679/o>
107. Olgers, T. J., van Os, J. M., Bouma, H. R., & ter Maaten, J. C. (2022). The validation of a serious game for teaching ultrasound skills. *Ultrasound Journal*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/s13089-022-00280-8>
108. Olgers, T., Rozendaal, J., van Weringh, S., van de Vliert, R., Laros, R., Bouma, H., & ter Maaten, J. (2023). Teaching point-of-care ultrasound using a serious game: a randomized controlled trial. *BMC Medical Education*, 23(1), 977. <https://doi.org/10.1186/s12909-023-04964-0>
109. Oliveira, F. De, Beregi, J., Potier, H., Brun, T., & Serrand, C. (2025). Research in Diagnostic and Interventional Imaging Comparing active teaching to hybrid lecture-based method for learning radiology basics : A single center controlled study. *Research in Diagnostic and Interventional Imaging*, 13(February), 100054. <https://doi.org/10.1016/j.redii.2025.100054>

110. Palma, J. K. (2015). Successful strategies for integrating bedside ultrasound into undergraduate medical education. *Military Medicine*, 180(4), 153–157. <https://doi.org/10.7205/MILMED-D-14-00573>
111. Pangandaman, H., Mukattil, N., Lambayong, J. H., Abdulhan, M., Hayudini, R., Salve, M., Matumadi, I., Macalaba, S., Kadil, R., & Mangontawar, A. (2024). A systematic review of the effectiveness of flipped classroom approaches in developing clinical skills among nursing students. *Journal of Research Development in Nursing and Midwifery*, 21(1), 6–10. <https://doi.org/10.29252/jgbfnm.21.1.6>
112. Pimentel, J. L. (2019). Some Biases in Likert Scaling Usage and its Correction. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research*, 45(1), 183–191. <http://gssrr.org/index.php?journal=JournalOfBasicAndApplied>
113. Pimienta Rodríguez, S. X. (2021). *Gamificación en educación médica: Cómo hacerlo, para aumentar virtudes y disminuir inconvenientes*. 1–42. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3472858?show=full>
114. Pimienta, S., & Boude, O. (2023). Gamificación en educación médica: un aporte para fortalecer los procesos de formación. *Educación Médica Superior*, 36(4), 1–21. <https://orcid.org/0000-0001-9267-1888>
115. Polyakov, M. V., & Sirotin, D. S. (2025). A Realistic Breast Phantom for Investigating the Features of the Microwave Radiometry Method Using Mathematical and Physical Modelling. *Technologies*, 13(3). <https://doi.org/10.3390/technologies13030106>
116. Pons-Rodriguez, A., Marzo-Castillejo, M., Cruz-Esteve, I., Galindo-Ortego, G., Hernández-Leal, M. J., & Rué, M. (2022). Moving toward personalized breast cancer screening: The role of Primary Care. *Atencion Primaria*, 54(5). <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2022.102288>
117. Premal Patel. (2022). Meeting the Needs of Generation Z in Medical Education. *GIMConnect*, 1. <https://connect.sgim.org/viewdocument/meeting-the-needs-of-generation-z-i>
118. Qin, Y., Huang, Z., Yu, J., Qing, P., Lui, S., Liu, R., Xiong, J., Wang, P., Lai, Y., Chen, F., & Hu, N. (2022). Practice-Based Learning Using Smart Class: A

- Competency-Based Model in Undergraduate Radiology Education. *Academic Radiology*, 29(1), 150–157. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2020.09.028>
119. Rathbun, K. M., Patel, A. N., Jackowski, J. R., Parrish, M. T., Hatfield, R. M., & Powell, T. E. (2023). Incorporating ultrasound training into undergraduate medical education in a faculty-limited setting. *BMC Medical Education*, 23(1), 1–7. <https://doi.org/10.1186/s12909-023-04227-y>
 120. Recker, F., Neubauer, R., Dong, Y., Gschmack, A. M., Jenssen, C., Möller, K., Blaivas, M., Ignacio, P. M., Lucius, C., Ruppert, J., Sängler, S. L., Sirli, R., Weimer, J., Westerway, S. C., Zervides, C., & Dietrich, C. F. (2024). Exploring the dynamics of ultrasound training in medical education: current trends, debates, and approaches to didactics and hands-on learning. *BMC Medical Education*, 24(1). <https://doi.org/10.1186/s12909-024-06092-9>
 121. Rita, M., Aeen, M., Rajabzadeh, F., & Saeed, A. (2024). Using PACS for teaching radiology to undergraduate medical students. *BMC Medical Education*, 24(1). <https://doi.org/10.1186/s12909-024-05919-9>
 122. Rodemer, M., Karch, J., & Bernholt, S. (2023). Pupil dilation as cognitive load measure in instructional videos on complex chemical representations. *Frontiers in Education*, 8(April), 1–11. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1062053>
 123. Rongrong, G., Guolan, L., & Baowei, F. (2018). Ultrasound Imaging Technology for breast cancer detection and managment. *Ultrasound Medical Biology*, 44(1), 37–70. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2017.09.012>ULTRASOUND
 124. Russell, F. M., Zakeri, B., Herbert, A., Ferre, R. M., Leiser, A., & Wallach, P. M. (2022). The State of Point-of-Care Ultrasound Training in Undergraduate Medical Education: Findings From a National Survey. *Academic Medicine : Journal of the Association of American Medical Colleges*, 97(5), 723–727. <https://doi.org/10.1097/ACM.0000000000004512>
 125. Schmidt, G., Gerlinger, C., Endrikat, J., Gabriel, L., Müller, C., Baus, S., Volk, T., Findekle, S., Solomayer, E. F., Hamza, A., & Ströder, R. (2021). Teaching breast ultrasound skills including core-needle biopsies on a phantom enhances undergraduate student’s knowledge and learning satisfaction. *Archives of*

- Gynecology and Obstetrics*, 304(1), 197–202. <https://doi.org/10.1007/s00404-021-06016-8>
126. Shafer, S., Johnson, M. B., Thomas, R. B., Johnson, P. T., & Fishman, E. K. (2018). Innovations in Radiology Education Instagram as a Vehicle for Education : What Radiology Educators Need to Know. *Academic Radiology*, 25(6), 819–822. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2018.03.017>
 127. Shao, M., & Liu, X. (2021). Impact of the Flipped Classroom on Students' Learning Performance via Meta-Analysis. *Open Journal of Social Sciences*, 09(09), 82–109. <https://doi.org/10.4236/jss.2021.99007>
 128. Sheth Ashoka, R. [@dr. rucha_sheth_ashokaradiology]. (2021). *Malignant (cancerous) breast mass*. Post; Instagram. <https://www.instagram.com/reel/CPIJt-KhFWR/>
 129. Stirrat, T., Martin, R., Umair, M., & Waller, J. (2024). Advancing radiology education for medical students: leveraging digital tools and resources. *Polish Journal of Radiology*, 89, e508–e516. <https://doi.org/10.5114/pjr/193518>
 130. Subaar, C., Gyan, E., Nyarko Osei, S., Konadu Amaniampong, E., Agyare, A. K., Eduboah, P., Appiah-Agyei, N., & Alale, M. (2024). Development of Breast Phantom for Clinical Simulation and Educational Purposes. *Journal of Science and Technology (Ghana)*, 42(4), 25–34. <https://doi.org/10.4314/just.v42i4.4>
 131. Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R. L., Laversanne, M., Soerjomataram, I., Jemal, A., & Bray, F. (2021). Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 71(3), 209–249. <https://doi.org/10.3322/caac.21660>
 132. Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2019). Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later. *Educational Psychology Review*, 31(2), 261–292. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>
 133. Szabo, T. L. (2004). Diagnostic Ultrasound Imaging: Inside Out: Second Edition. In *Diagnostic Ultrasound Imaging: Inside Out: Second Edition*. <https://doi.org/10.1016/C2011-0-07261-7>
 134. Tabachnick, B. G., Fidell, L. S., & Ullman, J. B. (2021). *Using Multivariate Statistics* (7th ed.). Pearson Education. <https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/using-multivariate-statistics/P2000000003774>

135. Thomas, L. (2025). *Quasi-Experimental Design | Definition , Types & Examples*. Scribbr. <https://www.scribbr.com/methodology/quasi-experimental-design/>
136. Trigo-Cano, S., Coa-Serrano, P. G., Macedo-Valdivia, S. C., & Chávez-Fernandez, F. A. (2025). Impact of gamification on learning and satisfaction of dentistry students at a Peruvian university. *Educacion Medica*, 26(3), 101018. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2024.101018>
137. Vallée, A., Blacher, J., Cariou, A., Sorbets, E., Vallee, A., Blacher, J., Cariou, A., & Sorbets, E. (2020). Blended learning compared to traditional learning in medical education: Systematic review and meta-analysis. *Journal of Medical Internet Research*, 22(8), 1–19. <https://doi.org/10.2196/16504>
138. Vidal, M., & Vicedo, A. (2017). Educación médica basada en la mejor evidencia. *Educación Médica Superior*, 31, 244–253. https://www.researchgate.net/publication/323399360_Educacion_medica_basada_en_la_mejor_evidencia/link/5a942ca4aca27214056711c3/download?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uliwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19
139. Vishnuprasad, R., Tejus, A., Pasricha, S., Singh, G., Ojha, D., & Kotwal, A. (2023). Effectiveness of structured education through social media to medical students. *Medical Journal of Dr. D.Y. Patil Vidyapeeth*, 16(4), 541. https://doi.org/10.4103/mjdrdypu.mjdrdypu_246_21
140. Vizcaya-Moreno, M. F., & Pérez-Cañaveras, R. M. (2020). Social media used and teaching methods preferred by generation z students in the nursing clinical learning environment: A cross-sectional research study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(21), 1–10. <https://doi.org/10.3390/ijerph17218267>
141. Wang, A. T., Sandhu, N. P., Wittich, C. M., Mandrekar, J. N., Beckman, T. J., Rosa-Castillo, A., García-Pañella, O., Maestre-Gonzalez, E., Pulpón-Segura, A., Roselló-Novella, A., Solà-Pola, M., Hunt, J. A., Anderson, S. L., Winter, M. D., Hack, G., Berry, C. R., Chen, F., Lui, A. M., Martinelli, S. M., & Chen, F. (2022). Gamification on Instagram: Nursing students' degree of satisfaction with and

- perception of learning in an educational game. *Nurse Education Today*, 118(August), 111–120. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2022.105533>
142. Wang, C. X., Kale, N., Miskimin, C., & Mulcahey, M. K. (2021). Social media as a tool for engaging medical students interested in orthopaedic surgery. *Orthopedic Reviews*, 13(2), 1–9. <https://doi.org/10.52965/001c.24443>
 143. Wang, J., Zhan, Y., Sun, B., Bi, Y., Li, R., Jiang, F., & Peng, M. (2024). Flipped classroom-based application of Peyton’s four-step approach in standardized training of ultrasound residents for thyroid and cervical lymph node zoning. *PeerJ*, 12(12). <https://doi.org/10.7717/peerj.18633>
 144. Weimer, J. M., Sprengart, F. M., Vieth, T., Göbel, S., Dionysopoulou, A., Krüger, R., Beer, J., Weimer, A. M., Buggenhagen, H., Kloeckner, R., Pillong, L., Helfrich, J., Waezsada, E., Wand, P., & Weinmann-Menke, J. (2025). Simulator training in focus assessed transthoracic echocardiography (FATE) for undergraduate medical students: results from the FateSim randomized controlled trial. *BMC Medical Education*, 25(1). <https://doi.org/10.1186/s12909-024-06564-y>
 145. West, B. T., Welch, K. B., & Galecki, A. T. (2014). *Linear Mixed Models: A Practical Guide Using Statistical Software* (2nd ed.). Chapman & Hall/CRC. <https://doi.org/10.1201/b17198>
 146. Whyte, W., Service, N. H., & Hennessy, C. (2018). *Social Media use within medical education : A systematic review to develop a pilot questionnaire on how social media can be best used at BSMS. May 2017.* <https://doi.org/10.15694/mep.2017.000083>
 147. Winkel, D. J., Brantner, P., Lutz, J., Korkut, S., Linxen, S., & Heye, T. J. (2020). Gamification of electronic learning in radiology education to improve diagnostic confidence and reduce error rates. *American Journal of Roentgenology*, 214(3), 618–623. <https://doi.org/10.2214/AJR.19.22087>
 148. Wiskin, J., Klock, J., & Love, S. (2024). Breast Glandular and Ductal Volume Changes during the Menstrual Cycle: A Study in 48 Breasts Using Ultralow-Frequency Transmitted Ultrasound Tomography/Volography. *Tomography*, 10(5), 789–805. <https://doi.org/10.3390/tomography10050060>

149. Xu, J., Hua, Q., Jia, X., Zheng, Y., Hu, Q., Bai, B., Miao, J., Zhu, L., Zhang, M., Tao, R., Li, Y., Luo, T., Xie, J., Zheng, X., Gu, P., Xing, F., He, C., Song, Y., Dong, Y., ... Zhou, J. (2024). Synthetic Breast Ultrasound Images : A Study to Overcome Medical Data Sharing Barriers. *Research*.
<https://doi.org/10.34133/research.0532>
150. Xu, Y., Xu, Y., Shen, S., Mao, F., Zhang, X., Zhang, Y., Lin, Y., Zhou, Y., & Sun, Q. (2024). A multi-centre, randomised trial for diagnostic efficacy of the automatic breast volume scanner ultrasound for breast cancer screening in China. *Frontiers in Oncology*, 14(January), 1–9.
<https://doi.org/10.3389/fonc.2024.1421425>
151. Yamada, T., Minami, T., Soni, N. J., Hiraoka, E., Takahashi, H., Okubo, T., & Sato, J. (2018). Skills acquisition for novice learners after a point-of-care ultrasound course: Does clinical rank matter? *BMC Medical Education*, 18(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s12909-018-1310-3>
152. Yardley, S., Teunissen, P. W., & Dornan, T. (2012). Experiential learning: AMEE Guide No. 63. *Medical Teacher*, 34(2).
<https://doi.org/10.3109/0142159X.2012.650741>
153. Yusuf, A., Okafor, I., Olubodun, T., & Onigbogi, O. (2022). Breast cancer knowledge and screening practices among undergraduates in a Nigerian tertiary institution, Southwest Region. *African Health Sciences*, 22(4), 16–30.
<https://doi.org/10.4314/ahs.v22i4.4>

ANEXOS

Resumen extendido de 15000 palabras en ingles

Summary

Introduction and Theoretical Background

Recent advances in medical education emphasize active, student-centered learning paradigms grounded in sound epistemological foundations. Traditional didactic instruction is giving way to approaches that integrate theory with practice, reflecting constructivist and experiential learning theories. In the context of radiology education, the digitalization of imaging has spurred innovative teaching strategies that merge cognitive and practical training. Educators seek to nurture not only factual knowledge but also clinical reasoning and technical skills, aligning with competency-based frameworks. Epistemologically, this shift is underpinned by the recognition that medical trainees construct knowledge more effectively through interactive experiences that simulate real-life practice and engage their intrinsic motivation. The thesis builds on these principles, proposing a blended learning model that combines **gamification** and **simulation** to enhance the teaching of breast ultrasound. It roots its approach in established educational theory: learning is seen as an active process where students synthesize information best when they are motivated, engaged, and able to apply theory in practical contexts. This perspective aligns with the theories of adult learning and self-determination, which stress that meaningful engagement (through autonomy, competence, and relatedness) is key to deep learning. Accordingly, the thesis leverages digital platforms and hands-on simulation to create a rich, learner-centered environment for medical students.

Breast Ultrasound: Physics, Anatomy, and BI-RADS Classification

Ultrasound Physics: A fundamental component of the thesis's subject matter is breast ultrasonography, so a review of ultrasound physics is provided as context. Ultrasound imaging operates on high-frequency sound waves that are transmitted into tissue and reflected back to produce images. The thesis explains that the ultrasound transducer emits pulses of sound energy that propagate through the breast and encounter tissues of varying acoustic impedance. At interfaces between different tissue types (e.g. fat vs.

glandular tissue), a portion of the sound is reflected back as an echo. The ultrasound machine measures these returning echoes to construct a real-time image. Key physical concepts include **frequency** (higher-frequency probes yield better resolution but less penetration), **wavelength**, and **acoustic impedance** (the property of tissue that determines reflection intensity). The thesis describes how image formation in ultrasound relies on the time-of-flight of echoes and their amplitudes. It also touches on artifacts and image optimization: because ultrasound images can suffer from artifacts (like shadowing or enhancement), understanding physics helps clinicians correctly interpret findings. Overall, this background underscores that a solid grasp of ultrasound physics is essential for learners to interpret sonographic images and to manipulate the machine's settings during scanning.

Breast Anatomy and Histology: The educational intervention focuses on breast anatomy and histologic patterns as they appear on ultrasound. The thesis reviews normal breast anatomy in detail. The breast is composed of lobes and lobules (glandular tissue), lactiferous ducts, connective stroma, and fat. On ultrasound, these structures have characteristic appearances: for example, subcutaneous fat appears hypoechoic (dark), fibroglandular tissue appears more echogenic (brighter), and Cooper's ligaments may be visible as echogenic linear bands. The thesis highlights how understanding the **normal sonographic anatomy** of the breast is crucial as a foundation before identifying pathologies. Histologically, the breast's functional units (lobules with acini) produce characteristic imaging patterns. The **terminal duct lobular unit (TDLU)**, where most breast pathologies arise, is discussed in terms of its ultrasound correlates. By grounding students in normal anatomy and histology, the intervention prepares them to distinguish normal variants from suspicious findings.

BI-RADS Classification: A key clinical framework introduced is the *Breast Imaging Reporting and Data System (BI-RADS)*, an internationally adopted scheme for categorizing breast imaging findings. BI-RADS provides standardized assessment categories (I through VI) that correspond to the level of suspicion of malignancy and guide management. The thesis explains each category in the context of breast ultrasound:

- **BI-RADS 1** – negative (normal anatomy, no findings),

- **BI-RADS 2** – benign findings (e.g. simple cysts or harmless lesions),
- **BI-RADS 3** – probably benign (low malignancy risk, short-term follow-up suggested),
- **BI-RADS 4** – suspicious abnormality (warranting biopsy; subdivided into 4A, 4B, 4C for increasing suspicion),
- **BI-RADS 5** – highly suggestive of malignancy, and
- **BI-RADS 6** – known cancer (biopsy-proven malignancy, usually used for lesions being monitored during therapy).

Learners need familiarity with BI-RADS descriptors (such as shape, margin, echo pattern of lesions) to apply these categories. The thesis underscores the educational importance of BI-RADS: it not only standardizes reporting but also embodies the clinical decision-making process. By learning BI-RADS, students understand how radiologists evaluate lesion characteristics on ultrasound (e.g. an irregular, spiculated, hypoechoic mass with posterior shadowing would be flagged as BI-RADS 5, highly suspicious). In the intervention, students likely practiced classifying findings using BI-RADS, reinforcing both their anatomical knowledge and diagnostic reasoning.

Gamification in Medical Education

To energize theoretical learning, the thesis employs **gamification**, i.e. the use of game elements in non-game contexts like education. It provides a theoretical grounding for gamification's role in medical training. Gamification is framed as a strategy to increase motivation, engagement, and knowledge retention by incorporating competition, rewards, and interactivity into learning activities. The thesis cites the principles of **Self-Determination Theory** (Deci & Ryan, 1985), which posits that intrinsic motivation is enhanced when learners' needs for competence, autonomy, and social relatedness are met. Gamified platforms address these needs by giving learners a sense of achievement (competence through points and feedback), freedom to participate on their own devices at their own pace (autonomy), and a sense of community or competition with peers (relatedness via leaderboards and group play).

Kahoot!® as a Gamification Tool: Among various gamified learning tools, *Kahoot!* features prominently in the thesis. Kahoot is an online quiz platform that turns Q&A into

a competitive game: instructors create multiple-choice quizzes that students answer in real time using their smartphones, earning points for speed and accuracy. The thesis notes Kahoot's accessibility and ease of use, which have made it popular in medical education. Research cited (e.g. Ismail et al., 2019) has shown that Kahoot increases student participation and provides immediate feedback, often leading to improved performance on subsequent evaluations. The competitive element (points and leaderboards) is described as a positive reinforcer that can stimulate student engagement and repetition of content, tapping into behaviorist reinforcement principles. However, the thesis also acknowledges potential downsides of gamification: if over-emphasized, competition can induce anxiety in some students, and there is a need to balance game mechanics with cooperation and individual learning goals. In the study, Kahoot! was used as part of the evaluation strategy – for instance, during a pilot workshop, students took a quiz via Kahoot before and after a practical session. This not only assessed knowledge gains but also maintained a fun, engaging atmosphere. By blending play with assessment, the intervention sought to lower stress and encourage active recall of material.

Social Media as a Learning Platform: The Instagram® Intervention

The thesis breaks new ground by integrating **social media (Instagram®)** into the curriculum as an educational delivery platform. It builds on emerging evidence that platforms like Instagram, traditionally used for entertainment and social interaction, can be repurposed for academic learning with proper oversight. Instagram was chosen for its popularity among students and its capability to share rich multimedia content. The intervention created a private Instagram account where curated educational content was regularly posted for the students in the experimental group. According to the thesis, these posts included **clinical infographics, short explanatory videos, interactive case scenarios, and polls/quizzes** for self-evaluation. This approach leverages Instagram's visual and interactive strengths: for example, an infographic on breast anatomy or an ultrasound image with explanatory labels can convey information succinctly, while Instagram's quiz stickers or polls allow students to test their knowledge in-story.

Critical to this strategy is content curation and academic supervision. The thesis underscores that all social media content was vetted by academic professionals to ensure accuracy. This addresses a common concern with using social platforms for

education: without quality control, misinformation can spread. By supervising the content, the educators ensured that posts reinforced correct concepts (e.g., displaying textbook-quality images of benign vs. malignant ultrasound findings, with explanations). The Instagram intervention also capitalized on the **spaced distribution of learning**. Over 8–9 weeks, students received a steady flow of content, keeping them continuously engaged with the material outside the classroom. This continuous exposure likely promoted better retention through spaced repetition. Additionally, learning via Instagram introduced an element of **ubiquitous learning** – students could access materials anytime on their phones, making learning more flexible and student-centered. The pedagogical rationale for using a familiar platform like Instagram is to “meet students where they are.” Medical students already spend time on social media; by inserting educational content into that space, the intervention aims to transform some of their scrolling time into study time. The thesis cites recent studies that support Instagram’s educational potential. For instance, Escamilla-Sánchez et al. (2025) found significant improvements in medical histology learning when integrating Instagram content into teaching. Such findings suggest that social media can enhance learning outcomes if harnessed properly.

However, the thesis also notes important caveats and considerations. Professionalism and privacy were maintained by using a closed, course-specific account (ensuring posts were seen only by participants). Students were instructed that the Instagram content was part of their course resources, lending it academic seriousness despite the informal medium. The authors also mention the need to avoid cognitive overload on social media; posts were designed to be concise and visually appealing, not overwhelming the viewer with text. In this way, Instagram functioned as a micro-learning platform, delivering bite-sized lessons that complemented more traditional materials.

In summary, the theoretical background laid out in the thesis merges insights from **educational psychology, digital learning, and clinical radiology**. It justifies the blended approach (gamified digital content + simulation) by drawing on epistemological principles (active learning and motivation), the affordances of technology (social media for content delivery; game-based assessment tools for engagement), and the requirements of radiological training (sound understanding of ultrasound physics/anatomy and ample hands-on practice). This comprehensive foundation set the

stage for the study's design, which sought to evaluate the effectiveness of such a blended learning model in comparison to traditional instruction.

Methodology

Study Design and Setting

The research was conducted as a **quasi-experimental study with a pretest–posttest control group design**. The intervention spanned a total of 12 weeks. Participants were divided into two parallel groups: an experimental group that received the blended educational intervention (Instagram-based gamification plus a hands-on simulation component) and a control group that followed the standard curriculum without these enhancements. Importantly, while there was group allocation, the study is termed “quasi-experimental” because participants were not randomly drawn from the population; instead, they were a convenience sample of students who volunteered to participate. Nevertheless, the assignment to experimental vs. control conditions was carefully managed to approximate randomization and ensure initial group equivalence.

Randomization and Group Equivalence: To mitigate selection biases inherent in convenience samples, the researchers implemented a pseudo-random assignment based on baseline performance and demographics. Before the intervention, all students took an online diagnostic exam (via Exam.net) covering fundamental knowledge of breast ultrasound. This exam was proctored electronically to preserve academic integrity (studies indicate online proctoring can be as valid as in-person supervision). The exam scores were used to rank the students from lowest to highest baseline knowledge. Students were then allocated to the two groups in alternating blocks from this ordered list, a procedure designed to distribute high-, middle-, and low-performers evenly between the experimental and control groups. This stratified random blocking ensured that both groups started out with statistically similar knowledge levels, preventing a bias where one group might have stronger initial preparation than the other.

Additionally, the researchers matched the groups on key demographics – particularly **age and gender** – because those can influence learning dynamics. Each group was set to mirror the other with ~70% female composition (reflecting the typical gender ratio in the class) and a comparable age range (mean age ~22 years). By controlling these variables, the study increased internal validity, making it more likely that differences

observed at post-test could be attributed to the intervention rather than pre-existing group differences.

The investigators acknowledge that, despite these measures, the design remains quasi-experimental and thus has limitations in inferring causality. They outline common limitations such as somewhat lower internal validity compared to a true randomized controlled trial, potential selection bias (volunteers might be more motivated than average), and the impossibility of blinding participants to the intervention. However, the chosen design offered practical and ethical advantages. It had strong **ecological validity** – the intervention occurred in a real educational setting (the medical school course) rather than a lab, enhancing the relevance of results to actual teaching practice. It was also more feasible and ethical in a university setting where fully random assignment or withholding educational benefits from a control group for a long period can be problematic. The duration of 12 weeks was sufficient to incorporate the full intervention (digital and simulation phases) and observe meaningful changes in outcomes.

Participants

A total of **76 medical students** in their third year participated in the study ($n = 76$). They were drawn from the health sciences faculty of the university and enrolled in a radiology-related course. Participants were randomly allocated (with the stratification method described above) into two groups of equal size: **Experimental group ($n = 38$)** and **Control group ($n = 38$)**. All participants gave informed consent prior to inclusion, in line with ethical standards (the procedure was approved and carried out respecting the Declaration of Helsinki and institutional guidelines on educational research).

Inclusion criteria: The thesis lists clear criteria for who was eligible:

- Students had to be **third-year medical students** (to ensure a relatively uniform level of prior knowledge and that they had the necessary academic background, e.g. basic anatomy and an introductory radiology rotation).
- They must have **successfully completed a general Radiology rotation or module** with at least a 60% passing grade. This criterion ensured that everyone had baseline exposure to fundamental radiology concepts and a minimum level of competency.

- Ability and willingness to commit to all parts of the intervention: participants needed to have the **availability to engage with weekly online content** (Instagram posts and quizzes), and to attend the on-site **simulation workshop** in week 11.
- Naturally, **informed consent** was required, confirming that students understood the study and agreed to partake voluntarily.

Exclusion criteria: Students were excluded if they did not meet the above conditions. Specifically:

- Students from other years or programs (e.g., second-year students or those from nursing/pharmacy) were not allowed, to maintain a homogenous sample in terms of training level.
- Anyone who had **not passed the general radiology rotation** was excluded, since the intervention built on knowledge from that rotation.
- Students who indicated they were **uncomfortable with audiovisual content or the use of social media for learning** could be excluded. This point is significant: since the experimental group would use Instagram, those fundamentally opposed or unable to use that platform might not benefit or could drop out. (In fact, as discussed below, a degree of self-selection occurred where all students in the experimental group expressed a willingness to use Instagram educationally.)
- Those with **scheduling conflicts or inability to attend the simulation session** were also excluded, as full participation was required to get the intended educational exposure.
- If any student had a serious **incompatibility with the project's modality** (for example, an inability to access the internet regularly), they would be excluded.

The demographic profile of the final sample was: ages ranged from **20 to 26 years**, with a mean age of **22.4 years**. About **70% of participants were female**, reflecting the composition of the class. These figures were similar in both the experimental and control groups due to the matching process. The thesis does not indicate major demographic

differences between groups after assignment, which supports the internal validity of comparisons.

The study took measures to encourage participation and minimize attrition. Recruitment was done through multiple channels – announcements on institutional social media, in-class briefings, and posters on campus – to ensure a wide reach and reduce self-selection bias. Students were reassured that participation was **voluntary and would not affect their grades or standing**; no extra credit or financial incentives were given. This was important to maintain ethical standards and avoid coercion. Throughout the study, the team monitored participation rates; if a student missed an activity (e.g., failed to respond to some weekly quizzes), they were followed up with reminders or provided help to catch up, in order to reduce dropout rates. As a result, the study achieved a good retention of students across the 12 weeks, with complete pre- and post-data for the majority of the 76 participants.

Educational Intervention: Procedure and Phases

The experimental intervention was **blended**, comprising a **digital gamification phase** and a **hands-on simulation phase**, while the control group continued with the standard curriculum. Both groups underwent pre- and post-testing for comparison, as outlined below.

Timeline: Both groups were observed over the same 12-week period with synchronized testing points. The sequence of activities by week was as follows:

- **Week 1: Pre-test for both groups.** At the very start (week 1), all participants took a baseline theoretical knowledge test on breast ultrasound (details of this test are in the Instruments section). This served to gauge initial knowledge of breast anatomy, ultrasound physics, and related concepts. The pre-test was identical for control and experimental groups and provided baseline scores for subsequent analysis.
- **Weeks 2 to 10: Intervention period.** During this interval, the **control group** proceeded with their regular academic schedule *without any additional content on breast ultrasound* beyond what was already in their standard curriculum. In fact, the thesis notes that during weeks 2–11 the control group had no exposure to supplementary breast ultrasound materials or activities – effectively, they

studied other coursework or engaged in the usual lectures, with breast ultrasound being addressed only in the conventional way (if at all) later in the course. This isolation was intentional to create a contrast with the experimental group. Meanwhile, the **experimental group** engaged in the **Digital Gamification Phase** (weeks 2–10). In this phase:

- o Students in the experimental group were enrolled in a private **Instagram® educational feed**. Over the 9-week period, a structured series of posts was released (approximately weekly or bi-weekly). These posts constituted the “curated educational content” which included:
 - *Infographics* on key topics (e.g., diagrams of breast anatomy, summaries of BI-RADS criteria).
 - *Short videos* demonstrating ultrasound techniques or showing clips of scanning a breast phantom with annotations.
 - *Interactive clinical cases*: for example, a case presentation of a patient with a breast lump might be posted, with images or clips from an ultrasound exam, and followers (the students) could comment or vote on whether the findings look benign or suspicious. The instructor could then reveal the answer and explanation.
 - *Quizzes and polls*: Instagram’s quiz stickers were used to create mini-quizzes. Students could select answers and get immediate feedback on whether they were correct, making the learning active. These quizzes could cover identification of structures on an image or definitions of terms, reinforcing content from the posts.
 - *Possibly Stories or live Q&A*: Though not explicitly described, such social media features may have been used to address student questions or recapitulate key points.

The Instagram content was designed not only to deliver knowledge but also to incorporate **gamification elements**. For instance, interactive cases turned learning into a challenge (students guessing diagnoses, etc.), and periodic knowledge quizzes functioned like a game with immediate feedback. The social aspect (seeing peers' responses in polls, commenting) created a community learning vibe. All of this happened asynchronously—students could participate at any time during the week—but the steady cadence of content maintained engagement and a sense of progression.

- o During the same period, the experimental group also had periodic **self-assessment quizzes** beyond Instagram. The thesis mentions “cuestionarios de autoevaluación” as part of the online phase. While some of these were integrated into Instagram, others might have been delivered through formal channels (like a weekly online quiz on the course's e-learning platform) to ensure accountability. These quizzes helped students and instructors gauge progress in understanding.

Throughout the digital phase, the control group did none of the above, proceeding with traditional study. It is worth noting that because breast ultrasound might not have been extensively covered in the regular curriculum during that timeframe, the control group's knowledge in this area was expected to remain largely at baseline level until the post-test.

- **Week 10: Mid-term assessment (experimental group only).** At the end of the digital phase, the experimental group took a **Mid-term exam** in week 10. This exam was a theoretical test intended to measure cognitive progress resulting from the Instagram-based intervention. It was essentially a check-in to see how much the experimental group's knowledge had improved before they proceeded to the simulation. The mid-term was described as an “adapted version of the pretest” with new items focusing on the concepts addressed during the digital phase. This implies it covered similar domains (ultrasound fundamentals, anatomy, etc.) but using different questions to prevent rote recall. The control group did *not* take a mid-term exam at week 10 (since they had no comparable intervention during that period). Thus, data from the mid-term primarily served to evaluate learning gains within the experimental group and did not directly

factor into the between-group comparison of pre vs. post (the main comparison was reserved for the final post-test in week 12).

- **Week 11: Hands-On Simulation Workshop (experimental group).** Following the digital phase, the experimental group participated in an intensive practical session in week 11 – the **simulation phase**. This workshop was conducted in a clinical skills laboratory setting. Key features:
 - o Students worked with **breast phantoms (simulated breast models)** and **real ultrasound machines**. The phantoms are life-like models containing tissue-mimicking material that simulates the tactile and ultrasonic properties of real breast tissue. Some phantoms likely contained embedded lesions of various types (cystic, solid benign, malignant) to simulate findings.
 - o Under faculty guidance, students practiced **ultrasound scanning techniques** on the phantoms. They learned proper use of the transducer (probe) – e.g., how to adjust pressure, angle, and orientation to obtain optimal images – and basic machine handling (choosing the appropriate preset, adjusting depth, gain, focus).
 - o They engaged in identifying **anatomical structures on ultrasound** (e.g., locating the pectoral muscle boundary, recognizing ducts vs. lobules, etc.) and correlating with what they learned in theory.
 - o They also practiced recognizing **common ultrasound patterns**. The thesis specifically mentions development of practical skills like “recognition of common echo patterns” and “identification of structures”. For example, students might scan a phantom and be tasked with finding a cyst vs. a solid mass, or identifying a simulated fibroadenoma, etc.
 - o The workshop might have been structured into **stations or cases**. One station could simulate scanning a normal breast, another a benign lesion, another a suspicious lesion, etc. The students would rotate through, each student getting hands-on time under supervision.

- o Additionally, there was likely an element of **clinical scenario simulation**: students may have been given patient vignettes and then asked to perform the scan and decide on BI-RADS categorization of what they found, mimicking a real diagnostic process.
- o Notably, the thesis describes this phase as “*fase hands-on (simulación presencial)*”, emphasizing that it was an active, in-person practice session as opposed to virtual simulation. This bridged the gap between the digital learning (knowledge acquisition) and real-world application, aligning with experiential learning theory (Kolb’s cycle of experience, reflection, conceptualization, and testing).

The control group did not attend an equivalent simulation workshop during this period. They presumably continued with their usual studies or other clinical rotations in week 11. This means by the end of week 11, the experimental group had a considerable additional practical experience that the control group lacked. It raises an important point for interpretation: any knowledge or skill differences by the final test could be due to the combined effect of the Instagram content *and* the simulation. The study’s design intentionally combined these as a single “hybrid intervention” – reflecting how, in practice, digital preparation and hands-on training often go hand-in-hand – rather than isolating them. (However, the thesis also undertakes sub-analyses to examine the impact of each phase, as will be seen in the results.)

- **Week 12: Post-test for both groups.** In the final week, both groups sat for a comprehensive **post-test** that evaluated what they had learned over the 12 weeks. This post-test was the same multiple-choice theoretical exam administered to everyone, similar in structure to the pre-test (and mid-term), covering the breadth of breast ultrasound knowledge (physics, anatomy, interpretation). The timing in week 12 meant that the experimental group took it one week after their simulation workshop, whereas the control group took it after having only the traditional instruction and no simulation. The post-test thus measured the cumulative effect of the intervention for the experimental group versus the standard approach for the control group.

- o Additionally, in week 12, the experimental group was given a **self-perception survey** to assess their practical competencies and satisfaction. The thesis notes that in week 12 the experimental group completed “una encuesta de auto-percepción de competencias prácticas adquiridas” – essentially, a questionnaire where they rated their own confidence in performing relevant practical skills (like operating the ultrasound, identifying findings) and their satisfaction with the training. The control group did not receive this survey since they did not undergo the simulation and the survey focused on skills gained from the hands-on experience.

To summarize the procedure: Both groups started equally and took the same pre-test and post-test. The **control group** simply carried on with normal study (no special training on the topic in that interval). The **experimental group** underwent a two-phase intervention:

1. **Digital Gamification Phase (weeks 2–10):** receiving structured educational content via Instagram with interactive, gamified learning activities, plus an intermediate test of knowledge.
2. **Simulation Phase (week 11):** participating in an intensive ultrasound simulation workshop to apply and extend their knowledge to practical skills.

The research design allowed the investigators to evaluate several aspects: the impact of the digital learning component (by comparing mid-term to pre-test within the experimental group, and indirectly by comparing experimental vs. control at post-test prior to simulation-related items), and the combined impact of digital + simulation (by comparing experimental vs. control at the final post-test on all outcomes, including practical self-efficacy). Moreover, with a control group in place, any significant differences at post-test could be attributed to the intervention rather than general curriculum learning or maturation, since both groups shared the same curriculum except for the intervention.

Instruments and Measures

The study employed multiple instruments to measure outcomes, each carefully designed or validated for reliability.

1. Pre-test/Post-test (Theoretical Knowledge Exam): This was the primary measure of cognitive gain. It was a *structured multiple-choice questionnaire* consisting of **20 questions** covering the fundamentals and applications of breast ultrasound. The content encompassed topics such as:

- Ultrasound physics principles relevant to breast imaging (e.g., probe frequency selection, image optimization, recognizing artifacts).
- Normal breast anatomy and ultrasound appearance of normal structures.
- Pathological findings and their sonographic characteristics (likely some items on differentiating cysts vs. solid lesions, interpreting BI-RADS categories given an ultrasound description, etc.).
- Perhaps clinical application questions (like given an image or scenario, what is the appropriate next step or classification).

Each question had multiple-choice options, and the test was scored out of 20 points (one point per question). The same test was administered as the **pre-test in week 1** and the **post-test in week 12** (though possibly with item order scrambled). Importantly, the thesis notes this instrument was **validated by expert judgment**. Eight medical radiology specialists (experts in breast imaging) reviewed the questionnaire for content validity. They likely assessed whether the questions appropriately sampled the important content areas and whether the phrasing was clear and unambiguous. The experts also took the test twice, two weeks apart, to assess reliability (stability). Indeed, the thesis describes a validation process where specialists completed the questionnaire in two sessions separated by 1–2 weeks. The responses were used to calculate test reliability metrics:

- **Cronbach's Alpha** was found to be 0.810, indicating good internal consistency. This suggests the 20 items coherently measured an underlying construct of "breast ultrasound knowledge." An alpha > 0.8 is respectable for an educational test, implying that students who do well on some items tend to do well on others (without the test being too redundant).
- An **Intraclass Correlation Coefficient (ICC)** was also likely computed (mentioned in the thesis as Table 3) to evaluate test-retest reliability among the experts. A

high ICC would mean the test produces stable results over time when taken by the same individuals (in this case, experts).

These validation steps ensured that the pre/post-test was both *content-valid* and *reliable*, lending credibility to any observed gains. The test's difficulty was calibrated such that it could discriminate knowledge levels – presumably, an average student might score around 50% initially (as hinted by baseline scores around 5 out of 20 for one group in results), leaving room for improvement.

The mid-term exam for the experimental group was a variant of this test. The thesis says it was an “adapted version of the pretest, with new items focusing on concepts from the digital phase”. So while format and difficulty were similar, it wasn't identical to avoid simply recalling previous answers. This mid-term's structure was also multiple-choice and likely 20 questions. It served diagnostic purposes for the educators and motivation for the students (to encourage review), but the primary analysis of learning effectiveness relied on the pre vs. post test comparison, since the control group had no mid-term to compare.

2. Practical Skills Self-Efficacy Survey: After the simulation workshop, the experimental group completed an **self-assessment questionnaire** to gauge their self-efficacy and satisfaction regarding practical skills. This instrument was a **Likert-type survey** developed by the researchers (since it was administered only to the experimental group, it was not used for between-group comparison but rather to evaluate the simulation phase outcomes among those who experienced it). It was administered in Week 12 immediately following the hands-on training.

The survey included several statements to which students responded on a Likert scale (likely 1 = strongly disagree to 5 = strongly agree). According to the thesis, it aimed to capture:

- **Perceived usefulness of the simulation** (e.g., “The simulation scenarios provided information that helped me better understand breast ultrasound”).
- **Satisfaction with the training** (e.g., “I am satisfied with the hands-on ultrasound training session”).

- **Confidence in practical competencies** acquired (e.g., “After this training, I feel confident in my ability to identify normal breast anatomy on ultrasound” or “...to distinguish benign from malignant-appearing lesions,” etc.).
- Willingness to recommend such training to others or to have it integrated into the curriculum (e.g., “This blended learning approach should be adopted in the radiology course”).
- Prior exposure to similar simulation (the survey also asked if they had used simulation before, to contextualize their experience).

Indeed, the results section references specific items such as *usefulness of simulation cases*, *satisfaction with simulation as an evaluation format*, *perceived realism*, *whether they think ultrasound simulation should be adopted in radiology education*, and *prior use of simulation*. Each item produced a score from 1 to 5 and descriptive statistics were compiled (mean, standard deviation, etc.). This survey, though not validated like the knowledge test, offers insight into the affective and attitudinal outcomes of the intervention.

Furthermore, the survey responses allowed a **relational analysis** – the thesis mentions analyzing the relationship between perceived utility and satisfaction. For example, if students who found the simulation most useful also reported the highest satisfaction, it supports the idea that perceived educational value drives satisfaction (an indicator of instructional alignment).

3. Other Data Collected:

- **Demographics:** Basic demographic data (age, gender) were recorded to characterize the sample and, as noted, used in matching groups.
- **Engagement metrics:** The instructors likely tracked engagement data in the experimental group during the Instagram phase – such as how many viewed each post, responded to quizzes, etc. While not explicitly detailed in the summary, these metrics can offer process validation (e.g., high engagement might correlate with high post-test scores).
- **Diagnostic task performance:** Although not a separate formal test, the study evaluated performance on certain diagnostic tasks through the knowledge test

or during simulation. For instance, they mention assessing **diagnostic accuracy for benign vs malignant findings** as a secondary objective. This suggests that within either the post-test or a practical exam, there were components that specifically measured how well students could identify or classify lesion types (perhaps using images or case-based questions). The results allude to analyzing benign findings knowledge and malignant findings recognition separately, which implies a subset of questions or tasks were devoted to those areas.

- There was no mention of an objective structured clinical examination (OSCE) or direct practical exam with real patients – practical skill evaluation was primarily via self-efficacy ratings and indirectly via how well they could analyze cases on paper. This is understandable given feasibility (providing an OSCE for all students might not have been possible). Instead, the combination of knowledge test (with case-based items) and the self-efficacy survey serves as a proxy assessment for practical competence gains.

Throughout the study, the control group only took the pre-test and post-test (and provided demographic info). They did not take the mid-term or the self-efficacy survey, as those were tied to the intervention activities.

Data Analysis

The thesis employed rigorous statistical analyses to evaluate the effect of the intervention on the measured outcomes. The analysis plan covered checks of assumptions, main effect testing, interaction effects, and effect size calculations, using an appropriate significance level and two-tailed tests.

Knowledge Outcomes Analysis: The primary analysis compared the change in knowledge test scores from pre-test to post-test between the experimental and control groups. Given the design (two groups, two time points), the appropriate statistical approach was a **Repeated Measures ANOVA** with one within-subject factor (Time: Pre vs Post) and one between-subject factor (Group: Experimental vs Control). This can also be viewed as a mixed-design ANOVA. The thesis reports that a repeated-measures ANOVA model was used, and, in fact, they treated it with a general linear model framework possibly including checks for covariance. They even describe it as a repeated-measures ANCOVA in some places, although with only two time points, a

straightforward ANOVA suffices (the mention of ANCOVA might indicate they controlled for a covariate such as pre-test score when examining post-test differences, but since pre and post were explicitly modeled, that's inherently done).

Before running the ANOVA, assumption checks were performed:

- **Sphericity:** For a repeated factor with two levels (pre/post), the sphericity assumption is trivial (only one degree of freedom). However, when analyzing sub-domains or multiple outcomes, they may have had more levels (for example, if they considered knowledge of histology vs anatomy as two repeated measures, or if they had included an intermediate time point in some analysis). The thesis explicitly mentions **Mauchly's test of sphericity** and that the sphericity assumption was met in the main ANOVA ($W = 1.000$). Where sphericity was not an issue or was satisfied, they used the standard F-test; had it been violated, they were prepared to use corrections (Greenhouse-Geisser or Huynh-Feldt adjustments). Indeed, in the detailed ANOVA output, they list Greenhouse-Geisser and Huynh-Feldt results (which coincide with sphericity assumed results since $W=1.0$).
- **Normality:** Each group's score distributions at each time point were likely examined (e.g., via Shapiro-Wilk test or by inspecting histograms). Given reasonably large group sizes (~38 each), ANOVA is robust to moderate departures from normality by central limit theorem. The thesis doesn't highlight any normality problems, implying the data were approximately normal or the analysis proceeded with robustness in mind.
- **Homogeneity of variances:** Levene's test may have been used to verify equal variance between groups for the pre-test and post-test scores. No issues are reported, suggesting variance was comparable between the two groups at both times.

The repeated-measures ANOVA yields several statistical results, which the thesis reports in detail:

- **Main effect of Time:** This tests whether, ignoring group membership, students' knowledge changed significantly from pre-test to post-test. Not surprisingly (given both groups might learn something over 12 weeks, and especially the

experimental group was expected to improve a lot), this effect was significant. The thesis notes F-statistics like $F(1,74) = 261.993$ for the time effect (when considering the whole sample). This extremely high F with $p < .001$ indicates a significant increase in test scores over time overall. The **partial eta-squared (η^2_p)** for time was **0.78**, meaning 78% of the variance in knowledge score changes was attributable to the passage of time (i.e., the interventions applied). This is a very large effect size (by conventional benchmarks, $\eta^2 \sim 0.01$ is small, 0.06 medium, 0.14 large in social sciences; 0.78 is almost unheard-of, indicating a massive gain in scores from pre to post when both groups are combined).

- **Main effect of Group:** This would test whether, averaging over time points, one group had overall higher scores than the other. The thesis does not focus on this, because at pre-test the groups were roughly equal by design, and at post-test any difference is better interpreted via the interaction. Indeed, if one were to check, the pre-test means were slightly different (control ~ 5.3 vs experimental ~ 4.6 out of 20, as we'll see), but not significantly so. The group main effect might not reach significance when controlling for baseline, but it's the interaction that is of primary interest.
- **Interaction effect (Time $\times$ Group):** This is the critical test of whether the change in scores over time differed between the experimental and control groups – in other words, whether the intervention led to a larger improvement for the experimental group. The ANOVA found this interaction to be **highly significant**: $F(1,74) = 82.458$, $p < .001$. The partial η^2 for the interaction was reported as **0.53**, a very large effect indicating that over half the variance in differential change was due to the group assignment. This confirms that the experimental group's knowledge gains were significantly greater than the control's. The multivariate test (Pillai's trace) for the interaction was likewise significant (Pillai's $V = 0.53$), consistent with the univariate result.

To elucidate the interaction, the thesis provides the **estimated marginal means (EMMs)** for each group at each time point, along with 95% confidence intervals. These are adjusted means after controlling for any covariates (in this simple case, just the means of raw scores since no additional covariate was used beyond the repeated factor):

- Pre-test mean for Control $\approx$ **5.316**, Experimental $\approx$ **4.632** (out of 20).
- Post-test mean for Control $\approx$ **6.273**, Experimental $\approx$ **8.034**.

In other words, both groups improved, but the experimental group improved dramatically more. The control group's average score increased by only ~ 0.96 points (from ~ 5.3 to ~ 6.27), whereas the experimental group's average increased by ~ 3.40 points (from ~ 4.63 to ~ 8.03). The final advantage of the experimental group over control was about **1.76 points** on a 20-point scale in absolute terms.

The thesis uses these values to emphasize practical significance. It notes that the **experimental group nearly doubled their score** on average (from $\sim 23\%$ to $\sim 40\%$ correct if interpreting as percent of 20, a substantial leap for such a short course), whereas the control's improvement was modest. The confidence interval for the **final between-group difference** (experimental minus control at post-test) was reported as **[0.992, 2.531]** (95% CI) in score units. Since this CI does not cross zero and is entirely positive, it confirms a statistically significant difference with 95% confidence. It also gives a sense of the range: the experimental group outperformed the control by roughly 1 to 2.5 points on the test on average.

Statistical results from the thesis showing the ANOVA and group means. The repeated-measures ANOVA for the 20-item knowledge test revealed a significant **Time $\times$ Group interaction** favoring the intervention. As shown in the embedded table, the **within-subjects effects** for Time and Time $\times$ Group were highly significant ($p < .001$). Specifically, the interaction $F(1,74) = 82.458$ (partial $\eta^2 = 0.53$) indicates that the experimental group's knowledge gains were much larger than the control's. The table of **estimated marginal means** (EMMs) by Group and Time confirms this: the experimental group's mean score rose from **4.632 (SE 0.295)** at pre-test to **8.034 (SE 0.273)** at post-test, whereas the control group went from **5.316 (SE 0.295)** to **6.273 (SE 0.273)**. Thus, at post-test the experimental group scored on average ~ 1.76 points higher than controls (95% CI of difference 0.99–2.53 points, $p < .001$). This large gap illustrates the substantial cognitive benefit of the blended intervention.

To contextualize the magnitude of improvement, the thesis calculated a **Cohen's d effect size** for the between-group difference at post-test. Using the post-test means

(~8.03 vs 6.27) and the pooled standard deviation, they report $d \approx 3.62$. This extremely high d (far above the threshold of 0.8 for large effect) is described as “*extraordinarily large*”. (It appears this d might be calculated on a percentage scale or some transformed scale, given the numbers 21 vs 31.2 mentioned, possibly corresponding to percent scores – e.g., $8.03/20 \sim 40.15\%$ vs $6.27/20 \sim 31.35\%$, which if expressed on a 0–100 scale are ~ 31.2 vs 21.0 , giving $d \sim 3.62$. In any case, it underscores that the difference in outcomes between methods is not just statistically significant but educationally very meaningful.)

Beyond overall knowledge, the thesis also examined specific **sub-domains of knowledge** and secondary cognitive outcomes:

- They separately analyzed performance on questions related to **benign vs. malignant finding identification**. The rationale was to see if the simulation phase (which heavily emphasized identifying pathologic findings on ultrasound) conferred an advantage to the experimental group in discerning benign from suspicious features. For this, they likely isolated a subset of test items or used additional items focusing on lesion interpretation. The results show a significant interaction in that domain as well: $F \approx 35.660$ for Time $\times$ Group, with a partial $\eta^2 \approx 0.325$. For benign/suspicious findings knowledge, the experimental group’s score jumped from about **4.702 to 8.258** (likely on a subscale of 10, judging by those numbers) while the control group went from **4.316 to 5.528**. This indicates that when it came to applying knowledge to diagnosing imaging findings, the trained group vastly outperformed the untrained, especially after the hands-on practice.
- Similarly, knowledge or skill related to identifying **malignant-appearing lesions** improved markedly in the experimental group. The thesis makes a distinction for “self-perceived ability to identify malignant findings,” which suggests they measured students’ confidence in interpreting malignant signs (maybe via the survey or a particular test item). For this outcome, the experimental group improved by an average of **+5.710 points** (on whatever scale was used, likely a self-rating from perhaps ~ 2.895 to 8.605 on a 10-point scale if we interpret it that way) whereas the control improved only **+2.162**. The ANOVA for that shows

$F = 75.871$, $p < .001$, $\eta^2_p = 0.506$. These specific analyses underscore that the intervention didn't just boost rote knowledge; it had a strong impact on applied clinical understanding and confidence in discerning pathology.

Survey (Affective Outcomes) Analysis: For the **self-efficacy and satisfaction survey** completed by the experimental group, results were primarily descriptive but nonetheless important:

- The **mean ratings for key items were uniformly high**, mostly in the range of **4.6 to 5.0 out of 5**. This indicates a very positive reception. Specifically, the thesis reports that in the simulation phase, *“key items registered means 4.63–5.00/5 with $SD \leq 0.49$ ”*. Standard deviations being under 0.5 means most students responded at the top end of the scale (strongly agree or agree).
- One striking result: **Realism of the ultrasound experience** was rated a perfect **5.00 $\pm$ 0.00** by all students. Every participant in the experimental group gave the highest possible rating to the statement that likely said “The use of a real ultrasound on a breast phantom provided a realistic experience.” This unanimity (all gave 5) emphasizes how effective the simulation was in simulating reality – a crucial aspect of simulation-based education (fidelity).
- The **overall satisfaction with the course and intention to recommend this training to peers** both had mean ratings of **4.63** out of 5. This shows that not only were students satisfied, but they would also advocate for this blended model to be used again, a strong indicator of perceived value.
- The **perceived achievement of learning objectives** was rated about **4.74/5**, suggesting students felt that the course met its stated goals to a very high degree.
- **Perceived utility vs satisfaction:** The thesis conducted a relational analysis (likely a correlation or cross-tab) between utility and satisfaction responses. It notes an “almost complete correspondence” – essentially, students who found the simulation useful also found it satisfying. The interpretation offered is that *“what students consider useful is simultaneously satisfying; the simulation fulfills principles of instructional alignment”*. In other words, the educational design

effectively aligned objectives with methods such that usefulness translated into enjoyment.

Descriptive results of student perceptions of the simulation (experimental group only).

This table from the thesis shows the **mean ratings for 7 survey items** evaluating the **utility and satisfaction** with the ultrasound simulation phase. All items are scored on a 1–5 Likert scale (5 = highest agreement). As seen above, students responded with **very high agreement** on all positive statements. For example, they strongly agreed that the simulation scenarios provided useful information (Item 1, mean 4.63, SD 0.49) and that the cases used in simulation were highly didactic (Item 2, mean 4.89, SD 0.31). Overall satisfaction with the simulation training format was nearly perfect (Item 3, mean 4.89, SD 0.31), and every student rated the value of practicing with a real ultrasound on phantoms at the maximum score (Item 4, mean 5.00, SD 0.00), indicating **unanimous consensus** on its importance. Students gave strong support to adopting ultrasound simulation in radiology education (Item 5, mean 4.68, SD 0.66). They also almost unanimously approved the use of a breast phantom for teaching different cases (Item 6, mean 4.89, SD 0.31). Notably, Item 7 reveals that **most had little to no prior experience with simulation** for radiology (mean 1.32 on a scale where 1 = “never” and 2 = “once or a few times”). This low prior exposure underscores how novel the simulation was for them, which may partly explain the high enthusiasm – it filled a gap in their training.

Because the control group did not undergo the simulation, no comparable satisfaction data exists for them. However, it’s reasonable to assume that traditional teaching alone would not yield such high engagement or confidence in practical skills – the control group’s “satisfaction” with their learning of breast ultrasound was not explicitly measured but given their lower performance and the lack of special activities, one can infer it would be lower.

Correlation between Cognitive and Affective Outcomes: The thesis found a notable positive correlation between the knowledge gains and self-perceived competence. Specifically, post-test knowledge scores had about $r \approx 0.75$ correlation with self-efficacy ratings. This suggests that students who learned more (achieved higher cognitive scores) also felt more confident in their practical abilities. It provides internal consistency to the

findings: the intervention improved knowledge which in turn likely bolstered confidence, or vice versa – confidence could encourage active engagement leading to better knowledge, though with a 12-week design it's more straightforward that the learning drove the confidence.

Additional Analyses: The thesis also mentions exploring **Objective Secondary 2**, which was to determine the impact of the hands-on simulation on diagnostic accuracy. In that, all “clinical dimensions” (likely referring to different aspects of diagnostic tasks – perhaps identifying benign lesions, identifying malignant lesions, procedural skill, etc.) had partial η^2 between 0.45 and 0.51, meaning the hands-on training contributed very large effects across the board in clinical performance measures. They conclude that the hands-on phase yields a “*clinically relevant diagnostic difference*” and demonstrates that even **low-cost phantoms suffice to train complex pathology discrimination**. This is important for resource-limited settings: it implies you don't need extremely expensive simulators to achieve educational gains; even simpler models can produce large improvements if used properly.

Lastly, **Secondary Objective 3** was to assess student satisfaction and willingness to recommend the blended model, and relate it to perceived utility and realism. We have covered those findings: satisfaction was outstanding, and it correlated well with perceived utility and the realistic experience provided.

In summary, the results provide robust evidence that the hybrid gamification + simulation intervention dramatically outperformed traditional teaching for breast ultrasound. The experimental group not only scored higher on objective tests of knowledge, but they also felt more confident in their skills and were extremely satisfied with the learning process. The control group, by contrast, showed only minor improvement in knowledge and, having no hands-on practice, presumably remained less confident in actual ultrasound technique. The blend of quantitative outcomes (test scores, ANOVA results) and qualitative feedback (satisfaction surveys, student comments possibly) builds a compelling case for the intervention's effectiveness.

Discussion

The findings of this study indicate that a **blended educational approach** – combining digital gamification through social media with hands-on simulation – can significantly enhance medical students' learning outcomes in breast imaging. This section analyzes

these results in light of educational theory, considers the implications for medical education, and addresses the study's limitations and recommendations for future application.

Interpretation of Key Findings

The markedly greater knowledge gains in the experimental group affirm that **interactive digital learning plus simulation is far more effective than traditional methods alone** for teaching a complex skill set like breast ultrasound. Students who engaged with curated Instagram content and gamified quizzes over two months, and then applied that knowledge in a supervised simulation, showed an improvement nearly four standard deviations higher than those who did not. This underscores a synergy between the online and offline components: the Instagram phase likely built a strong theoretical foundation and maintained student motivation, while the simulation phase translated that knowledge into practical competence. In educational terms, the intervention succeeded in promoting both **cognitive learning (knowing)** and **psychomotor learning (doing)**, bridging the oft-cited theory-practice gap in medical training.

The **self-efficacy and satisfaction outcomes** are equally noteworthy. Students in the experimental arm not only learned more – they *felt* more capable and were highly satisfied with the learning process. High satisfaction (mean ~4.7/5) coupled with high effectiveness is somewhat the “holy grail” of instructional design, indicating that the intervention was engaging without compromising rigor. According to self-determination theory, the blended approach likely satisfied students' need for autonomy (learning via their own phones, at their own pace), competence (steady feedback and eventual mastery experiences in simulation), and relatedness (a sense of participating in a novel learning community via Instagram and the group workshop). The result was an intrinsically motivated cohort that found the learning *fun* and *rewarding*. Indeed, one could argue that the intervention exemplified “**fun meets fundamentals**” – students enjoyed the process and thereby internalized the content more deeply. This addresses a common challenge in medical education: how to keep students motivated in dense, technical subjects like physics or anatomy. By gamifying those elements and then immediately showing their relevance in practice, this approach-maintained enthusiasm and demonstrated the **relevance of basic science to clinical skill** (students saw directly how understanding ultrasound physics helped them perform a scan, for example).

The strong correlation ($r \sim 0.75$) between knowledge and self-perceived skill suggests that **knowledge and confidence grew hand-in-hand** for the experimental group. This is encouraging because in some instances one might worry that increased knowledge could make students more aware of their limitations (thus *reducing* confidence). Instead, here the students seem to have gained *true* confidence founded on competence – they know what they know, and they also know how to apply it. High self-efficacy is crucial in clinical education because a confident student is more likely to actively engage in real clinical tasks and pursue further learning opportunities. At the same time, the fact that prior to this training most had “never” or “only occasionally” used simulation (item 7, mean 1.32) highlights that their baseline confidence in hands-on radiology was probably quite low. The intervention effectively filled that gap, giving them their first real taste of scanning in a safe environment and boosting their confidence dramatically. The students’ unanimous agreement on the **realism of the simulation** and the **value of practicing with real equipment** speaks to the importance of authenticity in simulation. They clearly valued working with an actual ultrasound machine and phantom, which mimicked real patient scanning better than, say, watching videos or purely virtual simulations. It gave them tactile feedback, real-time imaging to interpret, and immediate instructor guidance – experiences impossible to replicate in a lecture. This aligns with *Kolb’s experiential learning cycle*: concrete experience (the act of scanning) followed by reflective observation (debriefing what they saw), abstract conceptualization (linking to theory: “this mass had posterior shadowing, which theory says is suspicious”), and active experimentation (trying different probe angles, etc.). Such cycles likely reinforced learning in a way no textbook or slide presentation could. Another interesting finding is the note that **no differences were seen between groups on very complex diagnostic tasks that neither had training for**. This suggests that the intervention’s benefits were specific to what it targeted. In areas beyond its scope, the experimental group did not magically outperform the control. For example, if there were exceedingly difficult questions or scenarios on the test that neither group was prepared to handle (perhaps something like interpreting an obscure Doppler ultrasound criterion or an advanced interventional procedure), both groups struggled equally. This is not a drawback per se, but it emphasizes that even this robust intervention has limits – it cannot compensate for everything not taught. It points to the importance of aligning

assessment with the training content. It also implies that the control group, when equally untrained on a topic as the experimental group, performed similarly – indicating that apart from the intervention, the groups were indeed comparable in ability. In short, **where the experimental group was trained (core breast ultrasound knowledge and basic interpretation), they excelled; where neither group was trained (very advanced topics), both did poorly.** This pattern bolsters confidence that the observed advantages were due to the training and not some inherent difference between the students.

Implications for Medical Education

The success of this blended learning model carries several implications for curriculum design in radiology and potentially other areas of medical education:

- **Integration of Social Media in Formal Education:** This study provides a model for leveraging platforms like Instagram as legitimate educational tools. The positive results dispel the notion that social media is purely a distraction; when carefully curated, it can become a dynamic supplemental textbook. Medical educators can take from this the idea that **meeting students in their digital comfort zones** can increase engagement. The key is to maintain academic quality control – content must be accurate and pedagogically sound. The thesis authors note that ensuring academic supervision of social media content is vital to avoid dissemination of incorrect information. They also caution about the balance of content: while flashy posts attract attention, the substance must align with learning objectives. Assuming those conditions are met, platforms such as Instagram could be used to teach other visual subjects (e.g. dermatology images, pathology slides, anatomy dissections) in an interactive manner.
- **Gamification as a Motivator:** The use of Kahoot! quizzes and interactive challenges clearly contributed to student engagement. The implication is that incorporating **game elements** into teaching – points, competitions, rapid feedback – can transform review sessions or assessments into opportunities for active learning. The competitive excitement must be managed (some students can feel stress under time pressure), but as implemented here, it was largely beneficial. The immediate feedback of Kahoot allowed students to recognize knowledge gaps in real-time and likely stimulated peer discussions (“why was

answer B correct, not C?”) in a low-stakes environment. Given that attention spans can be limited, breaking up a lecture or self-study period with a 5-minute quiz game can re-energize learners. This study’s positive outcomes will encourage educators to use tools like Kahoot not just sporadically but as an integrated part of the curriculum. It supports prior research that **gamification increases academic performance and engagement** when done thoughtfully. Moreover, as the thesis connected to Deci & Ryan’s theory, gamification works best when it supports intrinsic motivation – so educators should emphasize personal progress and mastery in these games, not just winning a competition. A practical takeaway: use gamified quizzes for formative assessment, to let students earn “small wins” that build confidence and knowledge incrementally.

- **Value of Simulation in Early Medical Training:** The dramatic improvement in diagnostic skills and confidence after just a single intensive simulation workshop is a testament to the **power of learning by doing**. Historically, medical students might not get to use an ultrasound machine hands-on until clinical rotations, and even then opportunities can be irregular. This study implies that incorporating simulation early (pre-clinical or early clinical years) can greatly accelerate skill acquisition. Students essentially received in one week what might otherwise take months of clinical exposure to gain (and even then, in clinics, students often passively observe rather than actively scan). Thus, simulation can level the playing field by ensuring every student gets to practice essential skills in a controlled, mentored way. For breast ultrasound and other imaging skills, simulation with phantoms appears to be both **effective and efficient**. The fact that the phantoms were relatively low-cost yet yielded high fidelity as perceived by students is important for resource management – medical schools don’t need extremely expensive high-fidelity mannequins for many training goals; even affordable models can produce outstanding training outcomes if accompanied by good instruction. This lowers the barrier for institutions worldwide to adopt simulation-based training.
- **Blended Learning Endorsement:** Perhaps the strongest implication is that a **blended learning strategy (combining online and in-person methods)**

outperforms either alone. Pure classroom teaching (control group scenario) resulted in marginal gains. Pure online learning might impart knowledge but not practice. Pure simulation without prior preparation might overwhelm students (imagine jumping into scanning without having reviewed anatomy – it could be chaotic and yield poor learning due to cognitive overload). But by blending the two, each phase primes the other. The online phase acted as a “cognitive pre-warming,” as the thesis eloquently puts it, reducing the cognitive load during the subsequent practical workshop. Students entered the simulation already familiar with key concepts and terminology (thanks to the digital phase), so they could focus on psychomotor skills and higher-order analysis rather than trying to learn basics on the fly. Consequently, they **learned more in simulation and learned it faster** (“accelerating the practical learning curve”). This supports the pedagogical concept of **flipped classroom/blended models** – knowledge acquisition at home (often online) followed by application in class (workshop). It shows such models can be applied not only to cognitive subjects but to clinical skills training with excellent results.

- **Curricular Integration and Scalability:** The success of this pilot within one course suggests it could be scaled and integrated into the formal curriculum. The conclusions explicitly **recommend incorporating the blended approach into the curriculum** of radiology or other relevant courses. This means, for example, future cohorts of students might all go through an Instagram module and simulation lab as part of their standard training, rather than it being optional or experimental. Because the intervention only spanned 12 weeks and required at most a few additional contact hours (the one-day workshop) plus faculty time to curate online content, it is relatively feasible to implement. The study also demonstrates that doing so does not harm – in fact, it greatly enhances – learning outcomes, making a strong case to curriculum committees. Furthermore, students’ **willingness to recommend** the format (4.63/5) indicates likely buy-in from the student body, which can ease implementation (students will sign up enthusiastically for such courses, improving attendance and participation rates).

- **Areas of Transferability:** The approach is not limited to breast ultrasound. The thesis authors note that the blended model is **transferable to other anatomical regions and image-guided procedures**. For instance, one could imagine a similar Instagram+simulation module for *abdominal ultrasound, cardiac ultrasound (echocardiography), FAST exam in trauma*, or even beyond ultrasound to things like *ECG interpretation (gamified quizzes) plus simulation of cardiac auscultation*, etc. They specifically mention possibilities like **ultrasound-guided procedures (biopsies)** or even *ultrasound-guided CPR*, which are advanced skills that could benefit from the same pedagogy. Essentially, any skill that involves theoretical knowledge and a hands-on component could be taught in this blended fashion. The general recipe would be: provide engaging preparatory materials digitally (maybe through a platform that suits the content), then offer a realistic practice session to apply it. It opens multiple lines of applied research into how blended learning can improve training in various specialties, from surgery to internal medicine to emergency care.

Limitations

While the outcomes are impressive, the study has several **limitations** to consider:

- **Quasi-Experimental Design:** Because participants were not randomly selected from the entire student population (they were volunteers) and not randomly assigned in a purely random manner (group assignment was randomized in a stratified way), there is potential for **selection bias**. Those who volunteered, and especially those assigned to the experimental group, might have had higher interest in radiology or greater enthusiasm for new learning methods. The researchers did ensure both groups had similar baseline knowledge and demographics, but motivation or other intangible factors could differ. To address this, they actually took an interesting step of using *interest in using Instagram for education* as an “instrumental variable”. They ensured all experimental group members had expressed willingness to use Instagram academically. This was pragmatic (no use forcing someone into an Instagram group if they hate social media) but it might mean the experimental group was inherently more open-minded or tech-savvy. If so, that could confound results – perhaps part of their

success was due to their attitude, not just the intervention. However, since the control group presumably included both Instagram-willing and unwilling students that got no exposure, and the outcomes were so starkly different, it's unlikely that attitude alone explains a 0.53 partial η^2 interaction. Nonetheless, **future studies could randomize at the class or cohort level** to further validate these findings.

- **Hawthorne Effect:** Students in the experimental group knew they were receiving a special intervention, which could have influenced their behavior. They might have studied more or paid more attention simply because they were part of an experiment (the **Hawthorne effect**). The control group, meanwhile, had no extra activities and might have been less engaged or even somewhat demotivated knowing they weren't in the "special" group (if they were aware of it). The researchers tried to minimize this by integrating the intervention as seamlessly as possible (and presumably not making it seem optional or research-y, but rather a part of the course). Still, the very act of being observed and given novel tools can boost performance independently of the content of those tools. This means the results, while valid for an implemented program, might partially reflect the novelty factor. Repeating the intervention over successive years would help see if it remains effective once it becomes routine (novelty wears off).
- **Lack of Long-Term Follow-Up:** The study assessed outcomes immediately at the end of the course. It is unknown whether the knowledge and skills gained persisted into later clinical rotations or months down the line. **Retention of knowledge and skills** is a critical question – one the thesis itself suggests evaluating in future work. It's possible that without continued practice, the experimental group's advantage could diminish over time. Conversely, one might hypothesize that because they had a deeper initial learning, they might retain more than the control even if everyone forgets something. Only a follow-up test or observation (say 6 or 12 months later) could confirm durability. For now, we know the intervention yields great short-term results; its long-term impact is yet to be determined.

- **Generalizability:** This was a single-institution study with 76 students in one specific subject area. The sample size, while sufficient to show statistical differences, is relatively small and homogeneous (third-year med students of one school). The results might not directly generalize to other contexts – for example, *residents* in radiology might respond differently to an Instagram intervention, or students in different cultural/educational settings might have different levels of social media engagement. Also, breast ultrasound was particularly suited to this format because it's visual and lends itself to static images and short videos; other topics might need different approaches. That said, the general approach is flexible, but replication in other settings would strengthen generalizability.
- **Assessment Limitations:** The study relied on a written multiple-choice test and self-reported confidence to measure outcomes. There was no objective structured clinical examination (OSCE) or direct observation of students performing scans on real patients to test their actual clinical performance. Thus, while knowledge clearly improved and students *felt* more competent, we must be cautious in assuming they would perform excellently in a real clinical scenario. The post-test did include case-based questions that simulate decision-making, and their performance there was superior (especially for benign/malignant discrimination), which is promising. However, true diagnostic accuracy in practice (with real patients where findings can be subtler and where patient interaction matters) was not measured. The authors acknowledge this and in fact call for developing **holistic assessment instruments** that can combine technical skill evaluation, decision-making, and communication. Currently, the measure of practical competence is self-perception, which could be biased (though likely, given their lack of prior experience, they wouldn't overestimate wildly – the correlation with knowledge suggests their confidence was justified by ability). In future, incorporating an OSCE or at least an observed checklist of scanning skills would be valuable to confirm that the confident students indeed can competently scan a patient and identify a lesion.
- **Potential Content Creep in Control Group:** The study isolated the control group from breast ultrasound content during the intervention window. However, one

must consider if there were any incidental exposures – e.g., didactic lectures or textbook readings – that might have introduced some of the content to them. The methodology says no complementary content was given, implying the topic might have been entirely new until perhaps after the study. If the regular curriculum intended to cover breast ultrasound later, the control’s first real exposure might have only been at post-test (which explains their small improvement). This raises an ethical point: the control group did not receive training in something potentially important (breast ultrasound) during the study, though presumably they would get it later or had other rotations. In interpreting results, it means the study shows the impact of early intense training vs delayed or minimal training. From an education standpoint, that’s fair; from a curriculum standpoint, one would eventually teach the control group those skills (perhaps after the study concluded, they might have been offered the workshop too, to not disadvantage them). The thesis does not detail this follow-up, but ethically it’s often done.

- **Resource and Faculty Requirements:** While not a “limitation” of the study per se, one must note that implementing such an intervention requires resources – faculty time to create and moderate Instagram content weekly, equipment and tutors for the simulation workshop, etc. The study demonstrates *feasibility* (they clearly managed it with the staff they had), but scaling up could strain resources if not planned. For instance, if a class of 150 students were to be trained, multiple phantom sets and ultrasound machines, plus instructors, would be needed to maintain small groups. The authors’ emphasis that low-cost phantoms work is reassuring on the cost front. Still, institutions considering adoption should plan for these logistics. The benefit, of course, is that the payoff in learning is significant.

Despite these limitations, the study’s internal consistency is strong: quantitative and qualitative data align to tell a coherent story of success. The authors deliberately addressed many validity concerns (through group matching, bias minimization strategies, etc.). In educational research, completely eliminating confounds is challenging, but this thesis took commendable steps to strengthen causal inferences.

For example, their detailed reporting of effect sizes and confidence intervals provides transparency and allows readers to judge significance beyond p-values. The large effect sizes observed make it unlikely that unmeasured confounders (like a slight difference in motivation) could fully explain the differences – the intervention effect is just too large.

Recommendations and Future Directions

Based on the conclusions, the thesis offers several **recommendations** for educators and suggestions for future research:

1. **Curriculum Adoption:** The blended gamification + simulation model should be **incorporated into medical curricula** for radiology and potentially other practical domains. Given its demonstrated efficacy, educators are encouraged to formally include such modules rather than relying solely on traditional lectures. The authors specifically recommend integrating the approach into the standard Radiology course for medical students. Administrators and curriculum committees should take note of the improved outcomes (knowledge and satisfaction) when making decisions about instructional methods.
2. **Longitudinal Evaluation:** Future implementations should include **long-term follow-up assessments** to evaluate knowledge and skill retention. For example, students could be re-tested or observed in their radiology rotation months later to see if they still perform better than peers who did not undergo the blended training. This would help determine if booster sessions are needed. If retention is found to decline, one could introduce periodic refreshers (perhaps continued Instagram micro-learning or an advanced simulation later on) to maintain skills.
3. **Expansion to Other Topics:** As noted, the approach is likely generalizable. The thesis urges exploring this **blended model in other specialties or topics**, particularly those that require both conceptual understanding and hands-on skill. Some areas suggested include using similar strategies for teaching ultrasound of other organs, interventional radiology techniques, or integrating imaging with clinical scenarios in fields like emergency medicine. Research could compare outcomes in those domains to see if similar benefits are observed. Additionally, one could test the method on more diverse learner groups (e.g.,

nursing students, residents, or even continuing education for physicians) to broaden its impact.

4. **Refinement of Gamification Techniques:** While Kahoot and Instagram worked well, future research might refine what specific gamification elements yield the best results. For instance, do leaderboards and competition drive learning, or would a cooperative gamified approach (where the class works together to unlock achievements) be equally or more effective? The thesis mentions that too much competition can cause anxiety for some. It would be useful to gauge student stress levels during gamified activities and adjust the format if needed (perhaps anonymized competition or focus on personal improvement rather than peer ranking for those who prefer it). Essentially, **optimizing the game mechanics** to maximize motivation while minimizing any negative emotions is an area for fine-tuning.
5. **Holistic Assessment Development:** The authors highlight the need for better assessment tools that can capture the multi-dimensional competency the students are gaining. Developing an objective, holistic practical exam for breast ultrasound skills would be a logical next step. For example, an OSCE station where students have to actually scan a standardized patient or phantom and interpret findings within a time limit, while being observed and scored on a checklist (for probe handling, systematic examination, correct identification of a lesion, communication of findings, etc.). Or a simulation-based assessment where performance metrics (like how thoroughly they scanned all quadrants, etc.) are recorded. Such assessments could complement written tests and self-evaluations, giving a fuller picture of competence. They would also allow research into whether high self-efficacy is matched by high actual performance (closing the loop on validating the self-reported outcomes here).
6. **Resource Allocation and Training:** For successful implementation, faculty development is essential. Not all instructors are immediately comfortable with social media or simulation tech. Workshops to train educators in creating engaging online content and running simulation debriefings effectively will be needed. The thesis implies that with proper preparation, the effort is worthwhile

given the gains. Institutions might consider establishing small teams (including tech-savvy instructors or even involving students in content creation under supervision) to maintain the Instagram educational feed, as keeping content updated and responsive to student questions is a continuous task.

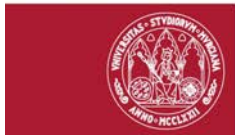
7. **Maintaining Engagement and Avoiding Fatigue:** One potential challenge for future iterations is **sustaining student engagement** when the intervention is no longer novel. The first cohort was excited by the new Instagram approach; subsequent cohorts might see it as expected or even ordinary. To keep it fresh, educators can incorporate student feedback to introduce new types of content (perhaps more video, live Q&A sessions on Instagram Live, etc.), and ensure content stays current (including the latest research or clinical guidelines as part of infographics). Gamification elements can be varied – not always the same quiz format, but maybe occasional puzzles, scavenger hunts (finding info within a posted case), or student-generated quiz questions to increase investment.
8. **Equity and Access:** As we consider broader implementation, it's important to ensure that all students have access to the required technology. In this study, all students presumably had smartphones and internet access. If applied in resource-limited settings, accommodations may be needed (e.g., provide access to devices or offline alternatives for the digital content). However, given the ubiquity of mobile phones, the Instagram part is likely feasible for most. The simulation part might be more challenging in low-resource schools, but as the authors noted, low-cost solutions (homemade phantoms, used or portable ultrasound machines) can be employed. There is even a movement in global health education to use affordable simulation tools. Thus, the approach could actually reduce inequalities in training if low-cost methods are disseminated – students everywhere could benefit from at least some form of hands-on practice.

In conclusion, this thesis demonstrates a pioneering effort in modernizing medical education by blending online gamified learning with practical simulation. The results are compelling: students learned more, felt more capable, and loved the experience. The study contributes to the evidence that **blended learning, when well-designed, is not**

just an educational fad but a potent methodology that can address some longstanding challenges in medical training (like passive learning and limited clinical opportunities for novices). By tackling both cognitive and affective domains, the intervention produced well-rounded educational benefits.

The recommendations urge medical schools to embrace such innovations and researchers to continue evaluating and refining them. This work serves as a model for how to rigorously assess educational interventions and provides a framework that others can adapt. Ultimately, implementing these findings could lead to future generations of medical professionals who are better prepared and more confident from the outset, particularly in using point-of-care technologies like ultrasound. In an era where medical education is increasingly looking towards active learning, technology integration, and competency-based outcomes, this thesis offers a shining example of those principles in action – and a roadmap for scaling up these successes across disciplines for the betterment of medical training and patient care.

Consentimiento informado. Evaluación y aprobación de la Universidad de Murcia.



UNIVERSIDAD DE
MURCIA

Informe de evaluación Comisión de Ética de Investigación (CEI)

Jaime Miguel Peris Riera, como secretario de la Comisión de Ética de Investigación

CERTIFICA

Que esta Comisión de Ética de Investigación, ha evaluado la propuesta de la investigadora Florentina Guzman Aroca, M10/2023/005, para la realización de la práctica docente: "Valoración del impacto de la simulación y la gamificación en su aplicación en la enseñanza de ecografía mamaria en estudiantes de medicina."

Y considerando que,

1. La investigación está justificada porque sus objetivos permitirán generar un aumento del conocimiento y un beneficio para la sociedad que hace asumibles las molestias y riesgos previsibles.
2. La capacidad del equipo investigador y los recursos disponibles son los adecuados para realizarla.
3. Se plantea según los requisitos metodológicos y éticos necesarios para su ejecución, según los criterios de buenas prácticas de la investigación científica.
4. Se cumple la normativa vigente, incluidas las autorizaciones, acuerdos o convenios necesarios para llevarla a cabo.

Ha emitido en la reunión celebrada el martes 24 de octubre de 2023 (ACTA1/2023/CEI),
INFORME FAVORABLE a que dicha práctica docente sea realizada por el equipo investigador:

Florentina Guzman Aroca

Y para que conste y tenga los efectos que correspondan, firmo esta certificación, con el visto bueno del/de la presidente/a de la Comisión de Ética de Investigación

HOJA DE INFORMACIÓN PARA PARTICIPANTES MAYORES DE EDAD

Hoja informativa del proyecto de investigación titulado “Valoración del impacto de la simulación y la gamificación en su aplicación en la enseñanza de ecografía mamaria en estudiantes de medicina.”

Estimado Sr./Sra.:

Le invitamos a participar en un estudio (proyecto de investigación) sobre **Valoración del impacto de la simulación y la gamificación en su aplicación en la enseñanza de ecografía mamaria en estudiantes de medicina.”**. Para que pueda valorar la pertinencia o interés de dicha participación, le facilitamos toda una serie de información detallada al respecto.

El propósito es que tras su lectura –y en el caso de estar conforme con su participación–, pueda darnos su consentimiento –con su firma– en el otro documento que –junto a este– se le hace entrega (denominado **Declaración de consentimiento informado**).

La presente **hoja de información** podrá usted conservarla (para participar, solo deberá devolver –con su firma– la **Declaración de consentimiento informado**).

Como responsable del equipo investigador que llevará a cabo este estudio, confío en que resulte de su interés y pueda –finalmente– contar con su consentimiento a esta participación.

En cualquier caso, reciba anticipadamente mi agradecimiento por su dedicación a la lectura de esta información.

TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Valoración del impacto de la simulación y la gamificación en su aplicación en la enseñanza de ecografía mamaria en estudiantes de medicina.”

PROMOTOR O FINANCIADOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Dr. Sebastián Rivadeneira

LUGAR DONDE SE PROCESARÁ LA MUESTRA O TOMA DE DATOS

Universidad de Murcia

OBJETIVOS Y FINALIDAD

Evaluar la potencia e impacto educativo del este curso semipresencial de ecografía mamaria y herramientas en la esfera psicosocial para estudiantes de medicina de último año basado en los tres primeros niveles del marco de Kirkpatrick: Reacción, aprendizaje y comportamiento.

Se trata de un proyecto que cuenta con el informe favorable de la Comisión de Ética de Investigación de la Universidad de Murcia.

DATOS DEL INVESTIGADOR

Ante cualquier duda o renuncia que pueda surgir en relación con su participación en el presente estudio (proyecto de investigación), puede dirigirse a la persona responsable de la misma, cuyos datos son los siguientes:

Directora:

DATOS REFERENTES AL PARTICIPANTE

• Motivos de su participación

- Se le ha convocado a participar en este estudio porque **Se ha ofrecido voluntariamente a participar de este curso**. Sus opiniones resultarán esenciales para esta investigación.

• Naturaleza voluntaria de la participación

- La participación en esta actividad es libre y totalmente voluntaria.
- En cualquier momento puede negarse a seguir participando del estudio sin que deba dar razones para ello, ni recibir ningún tipo de sanción (y en tal caso, todos los datos facilitados podrán ser borrados si así lo solicita).

• Requerimientos de la participación

- Si usted da su consentimiento para participar en este estudio, debe saber que su participación consistirá en **Poner en práctica y leer material relacionado con la adecuada realización de la ecografía mamaria y los componente psisociales** envueltos en este escenario diagnóstico.

• Duración del estudio

- El estudio tendrá una duración total de **4 meses**
- **No existe** la posibilidad de que los datos que nos facilite puedan ser utilizados (en el futuro) en nuevos estudios.

• Tipo de participación del sujeto

- El tiempo contemplado para prestar su participación es de **4 meses**.
- Los datos obtenidos tendrán carácter confidencial, asegurándose el anonimato.
- Estos datos serán codificados con un número asignado a cada participante, y su correspondencia solo estará a disposición del investigador principal del proyecto a los efectos de poder establecer correlaciones, manteniéndose este aspecto de forma completamente confidencial.
- Los datos recogidos **no serán cedidos a terceros**. Los datos estarán a cargo del investigador principal para el posterior desarrollo de informes parciales y finales (de modo anonimizado en cuanto a participantes), así como para divulgación científica en revistas y publicaciones.
- Finalizado el proceso de investigación, los participantes podrán recibir un informe con los resultados globales (igualmente sin posibilidad alguna de identificar a los participantes).

• Beneficios para los participantes

- Los beneficios (directos o indirectos) que recibirá a través de su participación, se traducen en los siguientes aspectos: **Aprendizaje. Este curso es gratuito y su participación no es remunerada.**
- No se contempla ningún otro tipo de beneficios.

• Contraprestaciones para los participantes

- Las contraprestaciones previstas para los participantes, son las siguientes: **Ninguna**
- Los participantes **no contarán con un seguro** vinculado a dicha participación.
- En el caso de que el equipo investigador transformase los hallazgos de esta investigación en resultados de interés comercial, con la participación en la

investigación el informante clave expresa su conformidad en la renuncia –como participante– a cualquier derecho de naturaleza económica, patrimonial o potestativa sobre los resultados o potenciales beneficios que puedan derivarse de manera directa o indirecta de las investigaciones que se lleven a cabo con la muestra cuya información cede para investigación.

RIESGOS E INCONVENIENTES PARA EL PARTICIPANTE

- Ninguno

DERECHOS DE LOS PARTICIPANTES

- Los participantes tienen derecho a la plena revocación del consentimiento y sus efectos, incluida la posibilidad de la destrucción o de la anonimización de la muestra y de que tales efectos no se extenderán a los datos resultantes de las investigaciones que ya se hayan llevado a cabo.
- Para ejercer ese derecho de revocación del consentimiento, para atender cualquier efecto adverso derivado de la participación, para responder cualquier pregunta que los participantes deseen formular durante el proceso de investigación, o para resolver cualquier duda, los participantes deben contactar con **Florentina Guzmán** formulando su solicitud por correo electrónico (florentina.guzman@um.es). En un plazo no superior a **7 días** recibirán su respuesta y –en su caso– la confirmación de revocación del consentimiento.
- Los participantes tienen derecho a revocar el consentimiento en cualquier momento, sin que eso les afecte de ningún modo (personal, profesional o socialmente).
- En el caso de que los datos facilitados por los participantes de este estudio volviesen a ser utilizados en estudios posteriores (para el avance del conocimiento científico en este campo), no volvería a pedirse el consentimiento informado a tales participantes.
- Queda garantizada la confidencialidad de la información obtenida. A pesar de que este estudio no recogerá datos de carácter personal, todos los datos de los informantes clave que otorguen su consentimiento a participar de este estudio serán registrados y almacenados en un fichero con base a lo establecido por la legislación vigente en materia de protección de datos y en garantía de confidencialidad. Para ejercer el derecho de acceso, rectificación, cancelación u oposición, los participantes podrán contactar en la dirección protecciondedatos@um.es (propiedad de la Universidad de Murcia).

Tras toda esta información, se le **solicita** que firme y entregue la hoja de ***declaración de consentimiento informado*** que se adjunta para poder validar su participación en este estudio. Muchísimas gracias por su valiosa contribución.

ANEXO II

DECLARACIÓN DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA MAYORES DE EDAD

D./Dña. _____, de _____ años de edad **manifiesto que:**

- ☐ He sido informado sobre los beneficios que podría suponer mi participación para cubrir los objetivos **del proyecto de investigación titulado** “Valoración del impacto de la simulación y la gamificación en su aplicación en la enseñanza de ecografía mamaria en estudiantes de medicina..”, y cualquier investigación derivada del mismo, dirigido por **Florentina Guzmán y Sebastián Rivadeneira Rojas de la Facultad Medicina** de la Universidad de Murcia (contactable en el teléfono _____ y correo florentina.guzman@um.es (directora) y autor sebas.rojas.md@gmail.com)
- ☐ Me han informado que la finalidad general **del proyecto de investigación** es **meramente académica y pone a prueba métodos educativos para implementar herramientas técnicas y prácticas en ecografía mamaria.**
- ☐ He sido informado de que se trata de **un proyecto de investigación** que cuenta con el visto bueno del Comité de Ética de Investigación de la Universidad de Murcia y que **no está financiado ninguna institución..**
- ☐ Una vez que he leído la **hoja de información al participante** que me ha sido entregada, afirmo haber comprendido los posibles efectos indeseables que podría comportar –en mi bienestar– la participación en este proyecto.
- ☐ He sido informado de que mis datos serán sometidos a tratamiento en virtud de mi consentimiento con fines de investigación científica y desde la Universidad de Murcia. El plazo de conservación de los datos será de **1** meses (mínimo indispensable para asegurar la realización del estudio o proyecto). No obstante, y con objeto de garantizar condiciones óptimas de privacidad, mis datos identificativos serán sometidos a anonimización total o parcial cuando el procedimiento del estudio así lo permita. En todo caso, la información identificativa que se pudiese recabar será eliminada cuando no sea necesaria.
- ☐ También he sido informado de que para cualquier consulta relativa al tratamiento de mis datos personales en este estudio o para solicitar el acceso, rectificación, supresión, limitación u oposición al tratamiento, podré dirigirme a la dirección protecciondedatos@um.es.
- ☐ He sido informado de mi derecho a presentar una reclamación ante la Agencia Española de Protección de Datos.
- ☐ He sido informado de que puedo revocar mi consentimiento y abandonar en cualquier momento la participación en el estudio sin dar explicaciones y sin que ello suponga perjuicio alguno (en tal caso, todos los datos cedidos podrían ser borrados si así lo expreso).
- ☐ Me ha sido entregada una **hoja de información al participante**, así como una **copia de la declaración de consentimiento informado (que también he firmado).**
- ☐ Me han explicado las características y el objetivo del estudio, sus riesgos y beneficios potenciales.

Y en virtud de todas las manifestaciones anteriores, confirmo que **otorgo mi consentimiento** a que esta recogida de datos tenga lugar y sea utilizada para cubrir los objetivos especificados en **el proyecto de investigación**.

En _____, a _____ de _____ de _____

Fdo. D./Dña. _____
(Participante)

Fdo. D./Dña. _____
(Firma del investigador/estudiante responsable que devuelve firmada la hoja de consentimiento informado)

Diseño del curso. Primera Fase modalidad Online. Semana a semana con su temario.

Elaboración de un curso online aplicando el Modelo ADDIE y Taxonomía de Bloom. Fase experimental.

Curso básico de diagnóstico por imágenes de la mama.

ANALIZAR

- **¿Qué estoy tratando de lograr?**

Curso básico de ecografía mamaria.

- **¿Qué recursos tenemos - tecnológicos -?**

- Curso diseñado en el formato Kahoot!® Courses.
- Enlaces de cuentas de Instagram gratuitas que muestran contenido educativo, previamente escogidas y guiadas para cada capítulo.
- Página web, grupo de WhatsApp, atlas virtuales online gratuitos para los estudiantes.

Modelo de página web, creada con inteligencia artificial.

<https://learningstudioai.com/edit/Toxapk8D2pJsA6AI992C#quiz>

- **¿Qué recursos humanos estimo?**

3 médicos docentes especialistas en radiodiagnóstico mamario.

- **¿Cuáles son los parámetros del curso?**

Virtualidad, asincronía, dirigido a estudiantes del tercer año.

El curso no es obligatorio, es voluntario para todo aquel que desee aprender y quiera cumplir con las actividades.

Gratuito

Duración: 10 semanas (Fase virtual)

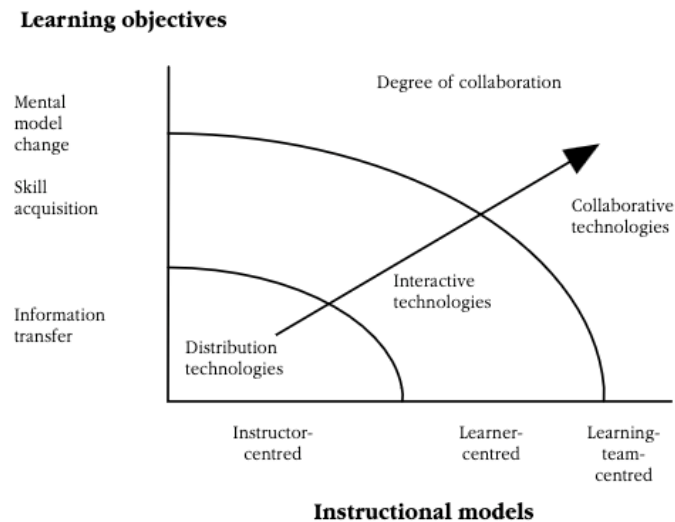
Idioma: español

- **¿Cuáles son los requisitos digitales necesarios de los participantes?**

- Un portátil o PC puedan abrir la página web es compatible para todos los sistemas operativos.
- Mail del estudiante para uso compartido de una biblioteca virtual común para Material bibliográfico digital.
- Internet. Participar de las actividades interactivas en línea adjuntas a cada clase.

- ¿Cuál es el análisis pedagógico para el aprendizaje en línea que se aplica a este curso?

Technology, learning objectives and instructional models in three generations of distance education



PRECEPTOS Y DIRECCIÓN:

- Este curso virtual apunta a un aprendizaje colaborativo entre los estudiantes.
 - Incentivará el manejo de software en línea gratuito donde puedan los estudiantes interactuar con atlas digitales de anatomía y ecografía.
 - Genera un intento de cambiar la forma tradicional de estudiar radiología, a través del estudio de casos y no solo de las meras imágenes.
 - Se conforma de una interfaz para que los estudiantes cumplan las competencias propuestas en este estudio a través de la adquisición de las habilidades interpretativas de los distintos métodos de imagen mamaria.
 - El análisis previo para este curso tiene como centro al estudiante y al aprendizaje en equipos, con la conformación de grupos para que puedan abordar los casos formulados durante el transcurso de las semanas.
 - Sesiones específicas con los docentes para apoyo. A demanda de la necesidad del alumnado tipo sincrónicas.
 - Intercambio del material producido por los estudiantes/equipos para todo el grupo.
- ¿Quiénes son los alumnos y cuáles son sus características?
 - Estudiantes de tercer año, quienes han aprobado radiología básica en sus primeros años. Pueden o no tener cierta noción de los principios físicos de los métodos de imagen utilizados en la radiología mamaria. Recordando, que la intención de este curso es abordarlos de forma introductoria, integral y dinámica.

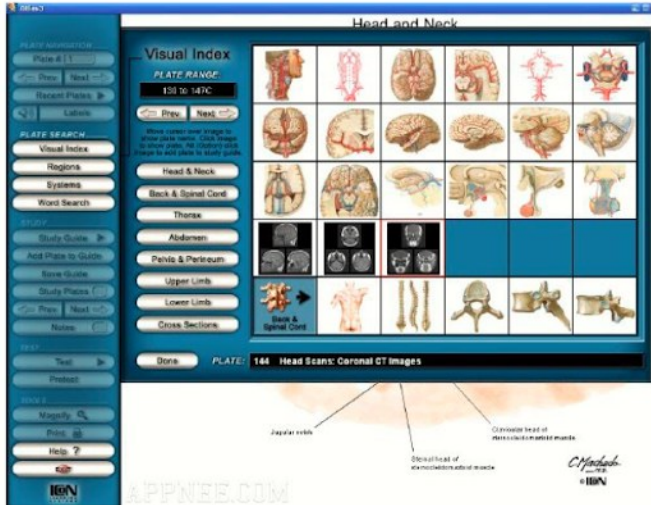
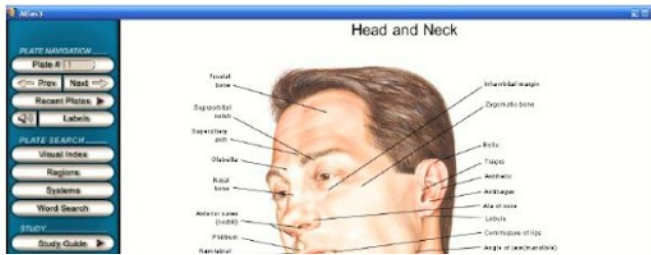
- Las edades promedio oscilan entre los 20-28 años. Este no es un criterio de participación.
- Los alumnos deben tener competencias básicas en computación y uso del internet. Deben tener posibilidad de acceder a la página web y material interactivo virtual desde sus ordenadores o de la Universidad. Sin importar su sistema operativo (Linux, Apple o Windows). Necesario si como requisito para poder participar la participación y registro en la plataforma virtual.
- **¿Qué habilidades deben lograr los alumnos al final del proyecto?**
 - Identificar adecuadamente los distintos métodos de imagen existentes en radiología mamaria.
 - Poder dilucidar los principios físicos propios de cada método de imagen (ecografía)
 - Reflexionar la utilidad de los métodos para cada tejido que compone la Mama
 - Interpretar los estudios básicos normales que se pueden obtener en las imágenes.
 - Comprender la anatomía normal mamaria ecográfica y su delimitación en las distintas pruebas de imagen.
 - Esquematizar los hallazgos de imagen benignos y de sospecha por ecografía.
 - Objetivar adecuadamente los hallazgos benignos comunes de la patología mamaria (quistes, fibroadenomas, calcificaciones benignas y vasculares, etc.)
 - Formular las descripciones de las imágenes según el léxico BIRADS (BI-RADS es un acrónimo de Breast Imaging-Reporting and Data System).
 - Hipotetizar según los hallazgos la categoría BIRADS por ecografía en casos de imágenes.
- **¿Cuáles son las posibles limitaciones de aprendizaje?**
 - o Virtualidad 100%. Primera fase previa a la simulación.

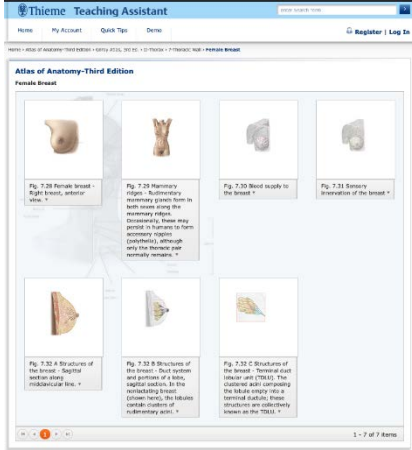
Estrategia: Se plantean charlas sincrónicas que el alumno solicite, según las dudas que hayan presentado para él/ella y su grupo de trabajo.
 - o Monotonía.

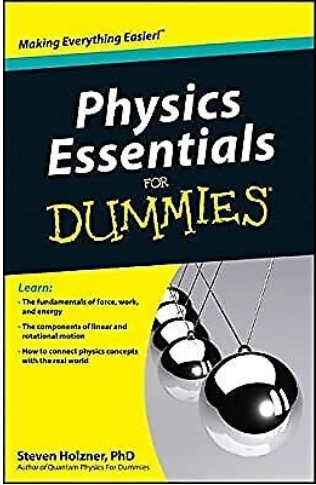
Estrategia: Incorporación de actividades interactivas y en equipos.
 - o No es obligatorio. Pueden desistir.

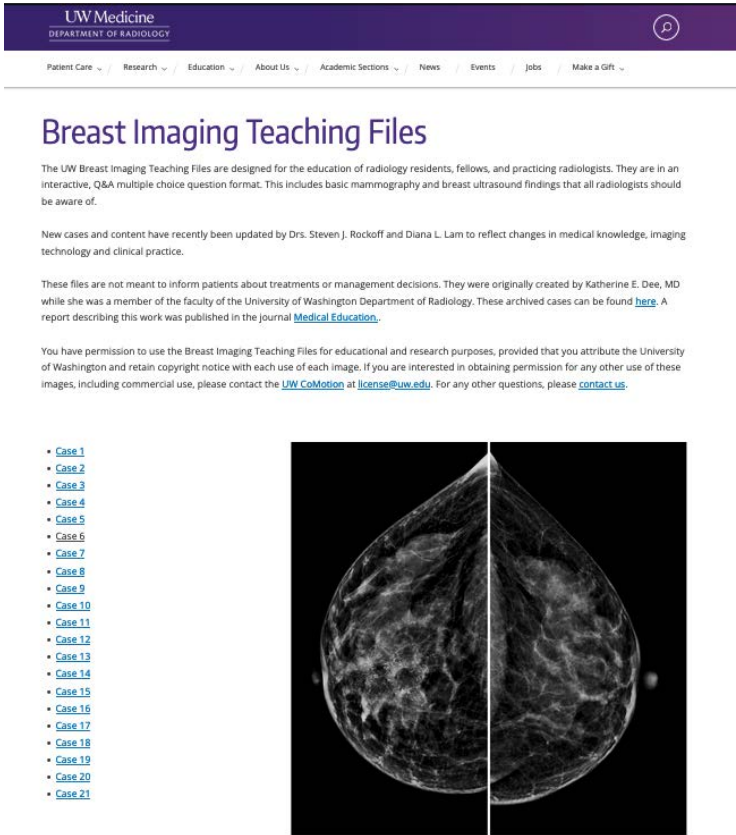
Estrategia: Motivación. Ofrecer reconocimiento con el certificado y posibilidad de prácticas para los de mejor rendimiento.
- **¿Cómo se obtiene el apto?**

Evaluación continua. Interacción con el contenido enviado y realizando los Kahoots!®

SEMANA	TEMA	RECURSO	COMPONENTES Y RECURSOS UTILIZADOS	OBJETIVO	Enfoque del Kahoot.
PRIMERA	INTRODUCCIÓN A LA ANATOMÍA MAMARIA	ATLAS DIGITAL ONLINE GRATUITO DE ANATOMÍA DE LA GLÁNDULA MAMARIA	  https://tienda.elsevier.es/netter-atlas-de-anatomia-humana-7 (Gratuito para los participantes conseguido por la universidad)	Comprender la anatomía normal mamaria y de la pared torácica anterior.	Acorde a lo aprendido, justifique. ¿La importancia de los músculos pectorales y su relación con las prótesis mamarias? ¿Cumplen alguna importancia?

SEGUNDA	HISTOLOGÍA Y FISIOLOGÍA MAMARIA	SOFTWARE INTERACTIVO DE HISTOLOGÍA DE LA MAMA	ACLAND'S VIDEO ATLAS OF HUMAN ANATOMY™ HOME VIDEOS ^ EXAMS GLOSSARY A-Z INDEX ABOUT Volume 3: The Trunk > The Musculoskeletal Structures of the Thorax 3.2.16 The breast  TRANSCRIPT Become a subscriber to watch this video. If you have received this message in error (for example, you have purchased a new subscription or activated a trial), please log out and log back in to start a new session and receive access. (Gratuito para los participantes conseguido por la universidad) Recursos: Acland's video atlas of Human anatomy, y Atlas Thieme. Actividad visualización de post y reel Instagram (<3 minutos), donde señalen los componentes tisulares de la mama, así como, su función en las etapas del desarrollo. 	Conceptualizar los componentes tisulares y razonar los factores que influyen en los cambios según la edad del tejido mamario.	Acorde a lo aprendido, <u>fundamente</u>. ¿Por qué es importante conocer los cambios histológicos y hormonales según la edad de las pacientes en desarrollo de ciertas patologías como el cáncer? ¿Solo existen factores hormonales para el desarrollo mamario?
---------	---------------------------------	---	--	--	---

TERCERA	RADIOLOGÍA Y ECOGRAFÍA: PRINCIPIOS BÁSICOS	PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA FÍSICA EN EJEMPLOS COTIDIANOS. LIBRO FÍSICA PARA DUMMIES CAPÍTULO DE RX Y ULTRASONIDO.	 Libro digital. Capítulo de rayos x y ultrasonido. Actividad grupo: Realizar un cuadro colaborativo en https://www.mindmeister.com/es Actividad visualización de post y reel Instagram (<3 minutos) sobre ecografía.	Identificar adecuadamente los distintos métodos de imagen existentes en radiología mamaria. Poder dilucidar los principios físicos propios de cada método de imagen (ecografía) Reflexionar la utilidad de los métodos para cada tejido que compone la Mama	Acorde a lo trabajado en grupo reflexionar si es verdadero lo siguiente: “Todas las calcificaciones visualizadas encontradas en el tejido mamario son patológicas” ¿y por qué, existen tipos y recaudos especiales?
---------	--	---	---	--	--

CUARTA	REPRESENTACIÓN RADIOLÓGICA DE LA MAMA	CASOS INTERACTIVOS UNIVERSIDAD DE WISCONSIN	 The UW Breast Imaging Teaching Files are designed for the education of radiology residents, fellows, and practicing radiologists. They are in an interactive, Q&A multiple choice question format. This includes basic mammography and breast ultrasound findings that all radiologists should be aware of. New cases and content have recently been updated by Drs. Steven J. Rockoff and Diana L. Lam to reflect changes in medical knowledge, imaging technology and clinical practice. These files are not meant to inform patients about treatments or management decisions. They were originally created by Katherine E. Dee, MD while she was a member of the faculty of the University of Washington Department of Radiology. These archived cases can be found here. A report describing this work was published in the journal Medical Education. You have permission to use the Breast Imaging Teaching Files for educational and research purposes, provided that you attribute the University of Washington and retain copyright notice with each use of each image. If you are interested in obtaining permission for any other use of these images, including commercial use, please contact the UW CoMotion at license@uw.edu. For any other questions, please contact us. • Case 1 • Case 2 • Case 3 • Case 4 • Case 5 • Case 6 • Case 7 • Case 8 • Case 9 • Case 10 • Case 11 • Case 12 • Case 13 • Case 14 • Case 15 • Case 16 • Case 17 • Case 18 • Case 19 • Case 20 • Case 21 Acceso gratuito. Actividad visualización de post y reel Instagram (<3 minutos), casos de ecografía mamaria.	Interpretar los estudios básicos normales que se pueden obtener en las imágenes. Comprender la anatomía normal mamaria radiológica y su delimitación en las distintas pruebas de imagen. Plantear frente a los distintos casos las ventajas y desventajas de los métodos de imagen.	Acorde a los casos estudiados, vamos a discutir lo siguiente: Aportaciones individuales, todas son bienvenidas. “Si una paciente de 21 años se ha palpado un bulto en mama derecha de aparición reciente ¿cuál sería su <u>primer método de imagen</u> que usted aconsejaría?. Segundo caso, mismo signos y síntomas, pero si esta paciente tiene 56 años. Qué ventajas y desventajas presentan los métodos de imagen sugeridos
--------	---	--	---	--	--

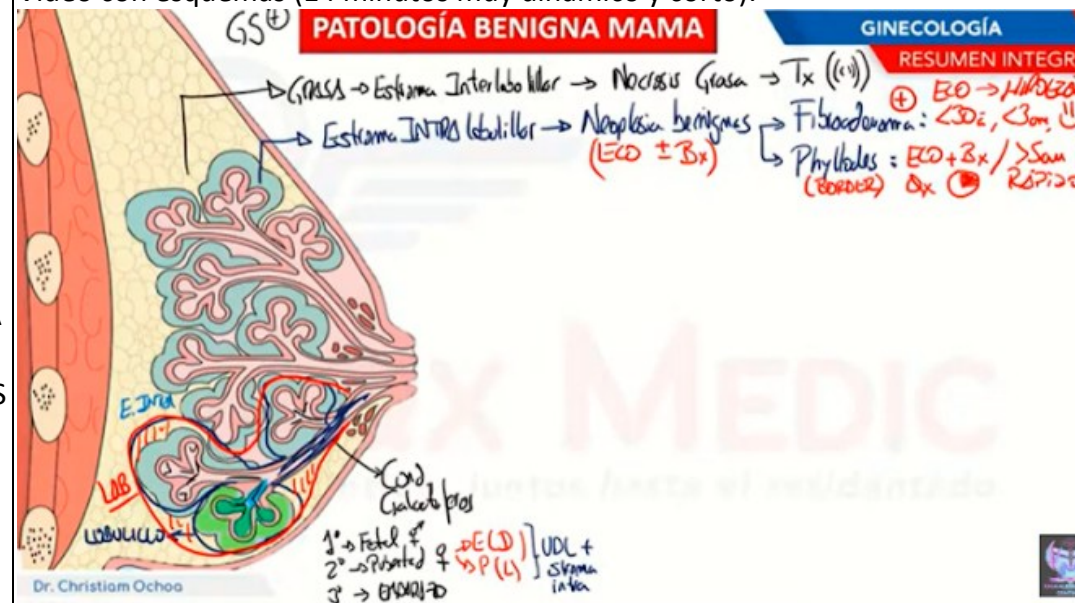
para cada
paciente.

QUINTA

PATOLOGÍA BENIGNA DE LA MAMA

VIDEO DE
PRESENTACIÓN
MAMOGRAFICA
DE QUISTES Y
OTRAS LESIONES
BENIGNAS.

Vídeo con esquemas (14 minutos muy dinámico y corto):

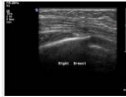
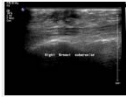


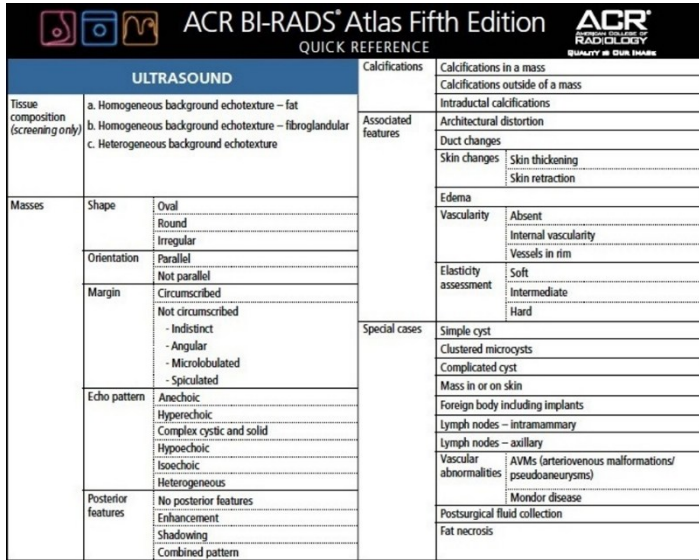
<https://www.youtube.com/watch?v=jgfir2UNLAc>

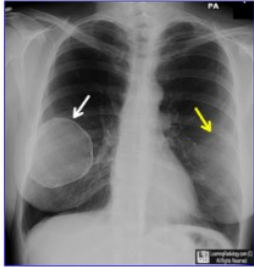
Esquematizar los hallazgos de imagen patológicos según el tipo de estudio (ecografía, rayos X, tomografía, resonancia, etc.) y el tipo de tejido (glandular, adiposo, muscular, etc.)

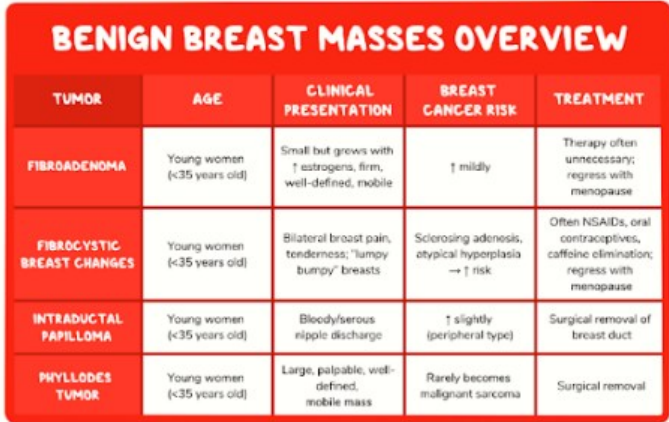
Objetivar adecuadamente los hallazgos benignos comunes de la patología mamaria (quistes, fibroadenomas, calcificaciones benignas y vasculares, etc.)

Según su opinión: ¿La mastodinia por mastopatía fibroquística nunca requiere biopsia o cuando sí? ¿Y si requiere como recomendaría su control y que hallazgos radiológicos típicos hay que tener en cuenta?

SEXTA	PATOLOGÍA MALIGNA MAMARIA	CASOS DE IMÁGENES CON BIRADS - TRIVIAS CON KAHOOT	Atlas of breast cancer early detection Breast imaging - Breast ultrasound - Learning breast ultrasound - Breast changes in special stages of life The breast shows significant morphological changes throughout life. Childhood (prethelarche) The nipple, surrounding skin, and retroareolar region all have homogeneous dermal and subcutaneous tissues. Morphologically similar appearances are seen in both sexes.  Thelarche Breast buds develop before the onset of menarche and are seen on ultrasound as a subareolar area of proliferating elongating symmetrically arranged ducts.  Puberty Rapid proliferation of the ducts and the lobules occur during puberty. Mammary zone differentiation can be seen on ultrasound as uniform, homogeneously echogenic glandular parenchyma with premenstrual and retromammary areas of fatty parenchyma and supporting connective tissues. Recursos: Atlas online de early cancer detection - breast imaging y el Atlas de cáncer de la WHO. Ambos de libre acceso. Post de instagram: “Hallazgos típicos en imágenes del cáncer de mama por los distintos métodos de imagen” Pueden agregar lesiones benignas para poder así diferenciar.	Verter una opinión formal sobre los hallazgos de sospecha de los estudios de imagen básicos que se comprenden en este curso. Objetivar adecuadamente los hallazgos benignos comunes de la patología mamaria (quistes, fibroadenomas, calcificaciones benignas y vasculares, etc.)	Hacemos 4 equipos de 6 personas. Organizarse en cada uno de los equipos al mismo tiempo, participar de los Kahoots de los otros 3 equipos restantes. La puntuación promedio de todos los miembros de todo el grupo, será la puntuación para la actividad de esta semana.
-------	---------------------------	---	--	---	---

SÉPTIMA	BIRADS Y LÉXICO APROPIADO	REALIZACIÓN DE TRABAJO EN GRUPO: REALIZAR UNA TABLA REFERENCIAL DEL BIRADS ECOGRÁFICOS Y MAMOGRÁFICO.	 https://www.acr.org/Clinical-Resources/Reporting-and-Data-Systems/Bi-Rads Acceso libre a la guías rápida del BIRADS	Objetivar adecuadamente los hallazgos benignos comunes de la patología mamaria (quistes, fibroadenomas, calcificaciones benignas y vasculares, etc.) Formular las descripciones de las imágenes según el léxico BIRADS (BI-RADS es un acrónimo de Breast Imaging-Reporting and Data System). Hipotetizar según los hallazgos la categoría BIRADS.	Realizar un informe médico en grupo argumentado formalmente como si respondiera a su paciente y a su médico de cabecera, la siguiente aseveración: “¿Cuándo y por qué ha cambiado el fibroadenoma encontrado de BIRADS 3 a BIRADS 2?” Comente si es benigno o maligno junto con las características típicas deben tener los fibroadenomas.
---------	---------------------------	---	---	--	---

OCTAVA	CLAVES PARA EL ADECUADO DIAGNÓSTICO	ACTIVIDAD EN GRUPO: CASOS PROBLEMA DISCUTIR JUSTIFICANDO EL BIRADS ASIGNADO.	 Saline Breast Implant Calcification • Calcification can occur in the fibrous capsule that develops around a breast implant • More commonly occurs with first generation silicone implants, when the implant has been present for more than a decade, rupture of the implant • Subglandular implants are more likely to calcify than submuscular implants • Calcifications are considered of no clinical significance unless they mimic or obscure calcifications of malignancy on mammograms • Implants are ovoid in shape initially but may become rounder with calcification • May produce firmness • May produce pain • Calcification may be focal or diffuse • Thin-rim of calcification that outlines implant • Does not imply rupture • MRI is the most accurate imaging examination for the evaluation of silicone breast implant rupture • None required for the calcification itself Consumer information about breast implants is available from the FDA at this link  Biblioteca de casos libre como referencia.	Objetivar adecuadamente los hallazgos benignos comunes de la patología mamaria (quistes, fibroadenomas, calcificaciones benignas y vasculares, etc.) Formular las descripciones de las imágenes según el léxico BIRADS (BIRADS es un acrónimo de Breast Imaging-Reporting and Data System). Hipotetizar según los hallazgos la categoría BIRADS.	Justifique según lo aprendido: ¿Por qué las prótesis mamarias rotas o calcificadas son BIRADS 2? ¿Se biopsian todos los abscesos, qué categoría son según el BIRADS?
--------	-------------------------------------	---	--	---	---

NOVENA	PRESENTACIÓN DE CASO	ACTIVIDAD EN GRUPO: CASOS PROBLEMA DISCUTIR JUSTIFICANDO EL BIRADS ASIGNADO.	Chapter 122 Breast Masses  https://www.osmosis.org/notes/Breast_masses Cuadros resumen gratuitos Osmosis construyó cuadros comparativos y abreviados de las entidades benignas y malignas de la mama.	Formular las descripciones de las imágenes según el léxico BIRADS (BI-RADS es un acrónimo de Breast Imaging-Reporting and Data System). Hipotetizar según los hallazgos la categoría BIRADS.	Caso con imágenes: si llega a su consulta una paciente de 45 años y presenta un papiloma intraductal de 6mm en mama derecha. Acompañe con su descripción de los hallazgos típicos radiológicos.
DÉCIMA	EXAMEN - AUTOEVALUACIÓN	REALIZACIÓN EXAMEN FINAL POR IMÁGENES Y DESCRIPCIÓN DE SUS HALLAZGOS.	Actividad individual: Kahoot examen final.	Formular las descripciones de las imágenes según el léxico BIRADS (BI-RADS es un acrónimo de Breast Imaging-Reporting and Data System).	

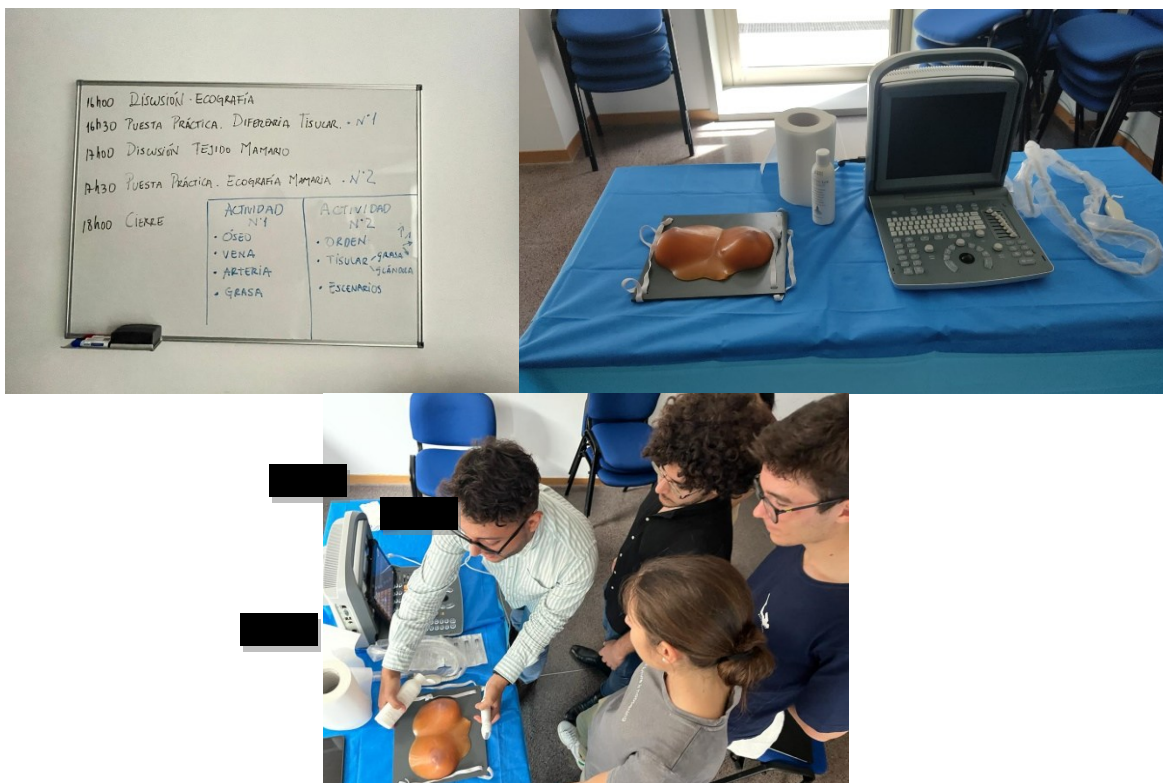
				Hipotetizar según los hallazgos la categoría BIRADS.	
--	--	--	--	--	--

DESARROLLAR

La clave para el diseño fue el reconocimiento temprano de las necesidades de aprendizajes acordes a los estudiantes de medicina en cuanto a ecografía mamaria básica, de allí los temas y su elaboración de lo más básico lo más complejo. Teniendo en cuenta que el nivel de los participantes fuese nulo.

IMPLEMENTAR

Objetivo es dirigir el contenido online a un workshop presencial tras la finalización de este curso online.



EVALUAR

- Obtener retroalimentación de instructores y estudiantes sobre la experiencia a mitad del curso y al final de este.
- Ofrecer un análisis de las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas del curso realizado durante y al final del curso con los participantes y los docentes.

ANEXOS:

Taxonomía de Bloom:

Procesos cognitivos de orden inferior		Procesos cognitivos de orden superior			
RECORDAR	COMPRENDER	APLICAR	ANALIZAR	EVALUAR	CREAR
Recordar hechos/datos sin necesidad de entender. Se muestra material aprendido previamente mediante el recuerdo de términos, conceptos básicos y respuestas.	Mostrar entendimiento a la hora de encontrar información del texto. Se demuestra comprensión básica de hechos e ideas.	Usar en una nueva situación. Resolver problemas mediante la aplicación de conocimiento, hechos o técnicas previamente adquiridos en una manera diferente.	Examinar en detalle. Examinar y descomponer la información en partes identificando los motivos o causas; realizar inferencias y encontrar evidencias que apoyen las generalizaciones.	Justificar. Presentar y defender opiniones realizando juicios sobre la información, la validez de ideas o la calidad de un trabajo basándose en una serie de criterios.	Cambiar o crear algo nuevo. Recopilar información de una manera diferente combinando sus elementos en un nuevo modelo o proponer soluciones alternativas.
PALABRAS CLAVE:	PALABRAS CLAVE:	PALABRAS CLAVE:	PALABRAS CLAVE:	PALABRAS CLAVE:	PALABRAS CLAVE:
Elegir observar mostrar Copiar omitir deletrear Definir rastrear afirmar Decir cuándo duplicar Citar repetir qué Leer relacionar nombrar Quién listar repetir Recitar escribir localizar Cómo dónde Memorizar Por qué reconocer	Preguntar esquematizar Generalizar predecir Clasificar dar ejemplos Comparar relacionar Contrastar ilustrar Parafrasear demostrar Informar discutir Inferir revisar Interpretar mostrar Expresar resumir Traducir observar	Actuar emplear practicar Identificar seleccionar agrupar Calcular elegir resumir Entrevistar planear desarrollar Enseñar transferir interpretar Usar demostrar categorizar Conectar dramatizar construir Planear manipular resolver Simular seleccionar unir Hacer uso organizar	Examinar priorizar encontrar Centrarse agrupar asumir Razonar destacar causa-efecto Inferencia separar aislar Comparar distinguir reorganizar Dividir motivar diferenciar Buscar similitudes descomponer Inspeccionar investigar Simplificar categorizar Preguntar ordenar Elegir poner a prueba Establecer observar Encuestar	Medir opinar argumentar Evaluar premiar testar Decidir debatir convencer Apoyar explicar seleccionar Defender comparar deducir Justificar percibir recomendar Crítica probar estimar Juzgar influir persuadir Valorar demostrar	Adaptar estimar planear Añadir experimentar testar Construir extender sustituir Cambiar formular reescribir Combinar hipotetizar suponer Componer innovar teorizar Compilar mejorar pensar Componer maximizar simplificar Crear minimizar proponer Descubrir modelar visualizar Diseñar modificar Desarrollar Originar Elaborar transformar
ACCIONES	RESULTADO	ACCIONES	RESULTADO	ACCIONES	RESULTADO
Describir Definición Encontrar Hechos Identificar Etiquetado Listar Listado Localizar Cuestionario Nombrar Reproducción Reconocer Test Recuperar Cuaderno Fotocopia	Clasificar Colección Comparar Ejemplos Explicar Explicación Explicar Etiquetado Inferir Listado Interpretar Esquema Parafrasear Cuestionario Resumir Resumen Muestra y cuenta	Desempeñar Demostración Ejecutar Diario Implementar Ilustraciones Usar Entrevista Emplear Interpretación Realizar Simulación Presentación Dibujo	Atribuir Reseña Deconstruir Gráfica Integrar Lista de control Organizar Base de datos Esquematizar Gráfico Preguntar Informe Estructurar Encuesta Hoja de cálculo	Atribuir reseña Comprobar gráfica Deconstruir base de datos Integrar informe Organizar hoja de cálculo Esquematizar encuesta Estructurar	Construir anuncio Diseñar película Trazar juego Idear dibujar Planificar plan Producir proyecto Hacer canción Historia Producto audiovisual
PREGUNTAS	PREGUNTAS	PREGUNTAS	PREGUNTAS	PREGUNTAS	PREGUNTAS
¿Puedes enumerar...? ¿Puedes recordar...? ¿Puedes seleccionar...? ¿Cómo ocurrió...? ¿Cómo es...? ¿Cómo describirías...? ¿Podrías explicar...? ¿Podrías mostrar...? ¿Qué es...? ¿Cuál...? ¿Quién fue...? ¿Quiénes fueron los principales...? ¿Por qué...?	¿Puedes explicar que está ocurriendo...? ¿Cómo clasificarías...? ¿Cómo compararías/contrastarías...? ¿Cómo podrías parafrasear el significado de...? ¿Cómo resumirías...? ¿Qué puedes decir sobre...? ¿Cuál es la mejor respuesta...? ¿Qué afirmaciones apoyan...? ¿Podrías afirmar o Interpretar en tus propias palabras...?	¿Cómo usarías...? ¿Qué ejemplos sobre...puedes encontrar? ¿Cómo organizarías... para presentar...? ¿Cómo aplicarías lo que has aprendido para desarrollar...? ¿Qué enfoque usarías para...? ¿Qué aspectos seleccionarías para mostrar...? ¿Qué preguntas harías en una entrevista a...?	¿Cuáles son las partes o rasgos de...? ¿En qué aspectos está...? ¿Relacionado/a con...? ¿Por qué opinas que...? ¿Qué motivo hay para...? ¿Puedes hacer un listado de las partes...? ¿Qué ideas justifican...? ¿Qué conclusiones extraes de...? ¿Qué evidencias de... encuentras? ¿Puedes distinguir entre...? ¿Cuál es la relación entre...? ¿Cuál es la función de...?	¿Estás de acuerdo con...? ¿Cuál es tu opinión sobre...? ¿Cómo comprobarías...? ¿Sería mejor si...? ¿Por qué ese personaje...? ¿Cómo valorarías...? ¿Cómo determinarías...? ¿Cómo priorizarías...? ¿Qué información podrías para apoyar tu punto de vista? ¿Cómo justificarias...? ¿Qué datos te llevaron a esa conclusión? ¿Qué seleccionarías para...? ¿Qué elección hubieras tomado si...?	¿Qué cambios harías para...? ¿Cómo mejorarías...? ¿Qué pasaría si...? ¿Podrías proponer una alternativa? ¿Puedes elaborar...basándote en...? ¿De qué forma evaluarías...? ¿Podrías formular una teoría alternativa? ¿Qué harías para maximizar/minimizar...? ¿Cómo pondrías a prueba...? ¿Podrías construir un modelo que cambie...? ¿Se te ocurre un modo original para...? ¿Cómo cambiarías el guión/plan? ¿Cómo adaptarías... para...?

BIBLIOGRAFÍA:

1. ADDIE – Instructional Designer's Handbook [Internet]. Available from: <https://elearninginfographics.com/the-addie-model-infographic/>
2. Danks S. The ADDIE Model: Designing, Evaluating Instructional Coach Effectiveness. ASQ Prim Second Educ Br. 2011;4(5):1–6.
3. Ganesan M, Muruganantham G. Developing of E-content package by using ADDIE model. Int J Appl Res [Internet]. 2015;1(3):52–4. Available from: www.allresearchjournal.com
4. Widyastuti E, Susiana. Using the ADDIE model to develop learning material for actuarial mathematics. J Phys Conf Ser. 2019;1188(1).

Enlaces de Instagram utilizados para la interacción del contenido curado de ecografía mamaria.

Ejemplos de enlaces de Instagram utilizados:

1. Esquemas (5 gráficos – desliza) Explicación didáctica de lesiones BIRADS.

<https://www.instagram.com/p/CnwqifxOhYt/?igsh=MWNpYnY4ZmpwZHFfOQ==>

BIRADS

ECOGRAFIA

Anatomía mamaria en ecografía: La mama está ubicada sobre la pared torácica entre la segunda y la sexta costilla, dentro de las capas de la fascia pectoral superficial. El tejido adiposo y fibroglandular se encuentran entre las capas de la fascia pectoral superficial, debajo de la piel y de la fascia profunda que tiene ubicación anterior al músculo pectoral.

La mama está compuesta por siete u ocho lóbulos mínimos, los lóbulos son segmentos ductales en asociación laxa.

Cada segmento comienza en delgadas ramas periféricas y termina en un gran conducto colector que desemboca en el pezón. Los conductos más periféricos son intralobulillares terminales ductolobulillares.

En los terminales ductolobulillares es donde se forman los tumores malignos y benignos más frecuentes.

Axila: La axila contiene ganglios linfáticos, el plexo braquial, la arteria y la vena axilares. Los ganglios axilares e intramamarios normales contienen un hilo adiposo ecogénico y una corteza hipocóica.

La estructura adiposa homogénea de la mama es característico. Los lóbulos grasos y los tractos de ecogenicidad uniforme que representan las estructuras de sustancia constituyen la mayor parte del tejido mamario.

Muchos lesiones, tumores malignos y fibroadenomas se forman en el sector fibroglandular o en la unión con la capa de tejido adiposo.

Dra. Mónica Morales - @color.radiology

color.radiology • Follow

color.radiology 121w
BIRADS - Hallazgos por Ecografía

#notitas #studytime #medicinstudent #art #notes #lettering #colors #resumenesmedicos #letras #workplace #studynotes #journal #cutenotes #apuntesbonitos #apuntes #radiology #radiologystudent #radiologia #radiolove #cancerdemama #anatomía #cancer #biradsmama #birads #mama

1,124 likes
January 23, 2023

Log in to like or comment.

2. Esquemas (2 gráficos – desliza) Explicación didáctica de términos.

<https://www.instagram.com/p/Cil-2OmHglj/?igsh=Zng2MWRsMGN3N2Nn>

SHAPE

MARGIN

MASS US LEXICON

1 OVAL

2 ROUND

3 IRREGULAR

1 CIRCUMSCRIBED

NOT-CIRCUMSCRIBED

2 INDISTINCT

3 ANGULAR

4 MICROLOBULATED

5 SPICULATED

ORIENTATION

1 PARALLEL

2 PARALLEL

3 NOT-PARALLEL

ECHO-PATTERN

1 ANECHOIC

2 HYPOECHOIC

3 HYPERECHOIC

4 COMPLEX SOLID-CYSTIC

5 ISOECHOIC

6 HETEROGENEOUS

POSTERIOR FEATURES

1 ENHANCEMENT

2 NONE

3 SHADOWING

4 COMBINED PATTERN

salus_sonography • Follow
São Paulo, Brazil

salus_sonography 233w
- In this post we decided to share a summary table with the main lexicon descriptors for breast mass evaluation!

⚠ Note: remember that the main ultrasound predictors for breast cancer when assessing a breast mass are SHAPE and MARGINS! Pay attention on them! 😊

We hope you enjoy this! 😊👥

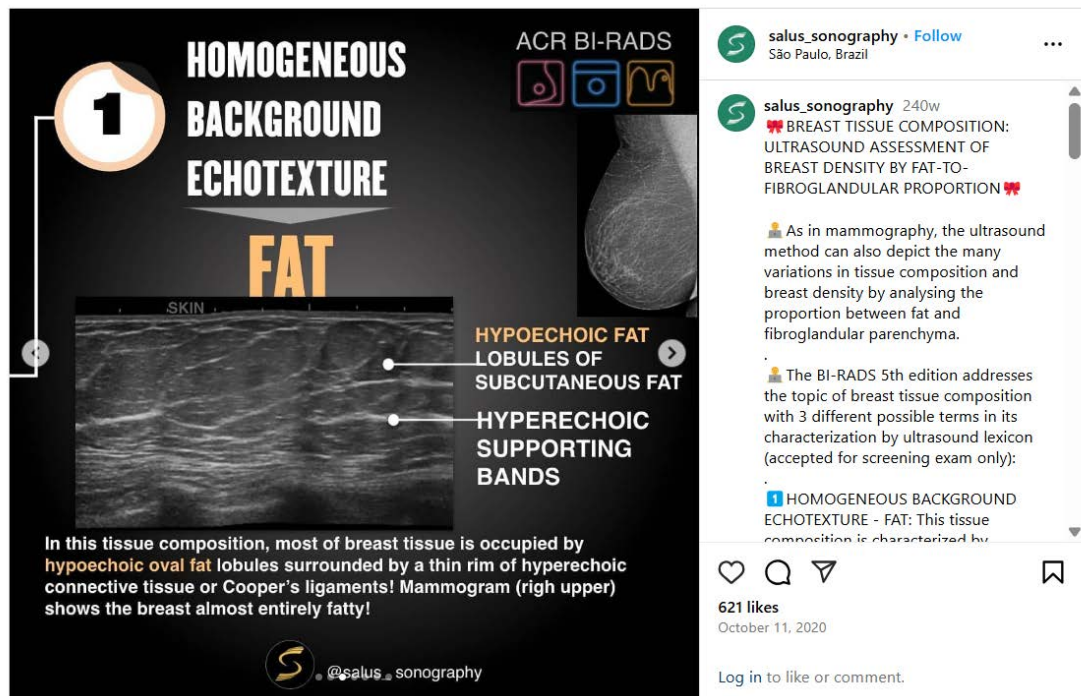
#breast #breastcancer #breastimplants #breastimaging #birads #mammogram #mammograms #mammography #pinkoctober #imaging #diagnosticimaging #radimaging

919 likes
November 28, 2020

Log in to like or comment.

3. Composición de las mamas por ecografía. Esquema rápido de 4 gráficos – deslizar.

<https://www.instagram.com/p/CGNqceLHiTN/?igsh=MWVzaHNvczRsN3NsYw==>



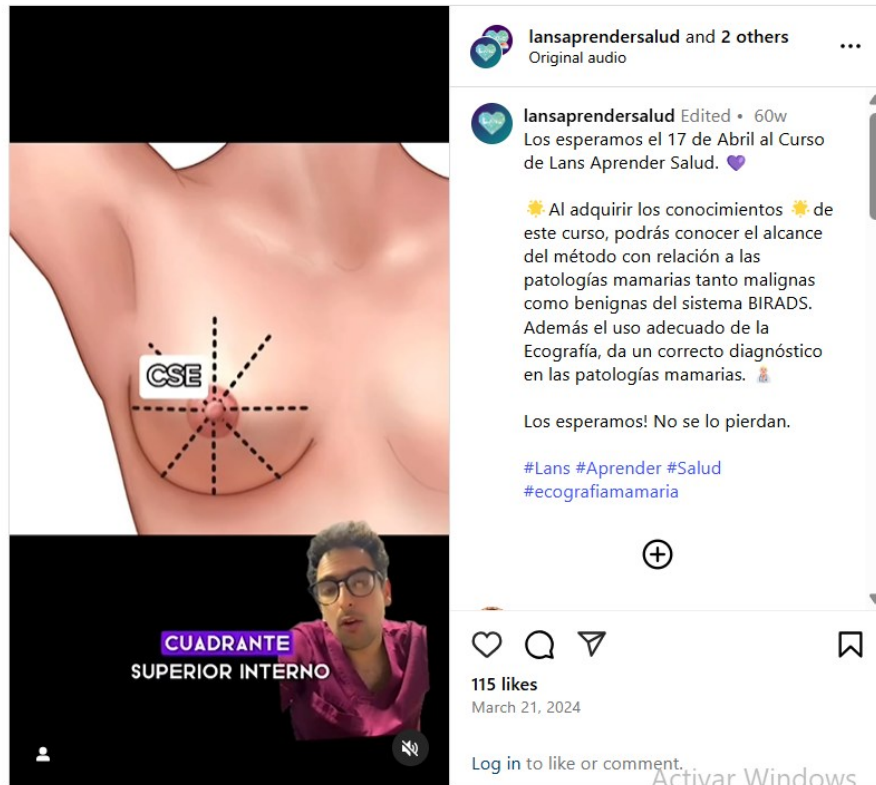
4. Lesiones benignas – Reel corto. Explicado por Médica radióloga con imágenes.

<https://www.instagram.com/reel/CrG0WvyNvIW/?igsh=MXhrcDByemRudmxxOQ==>



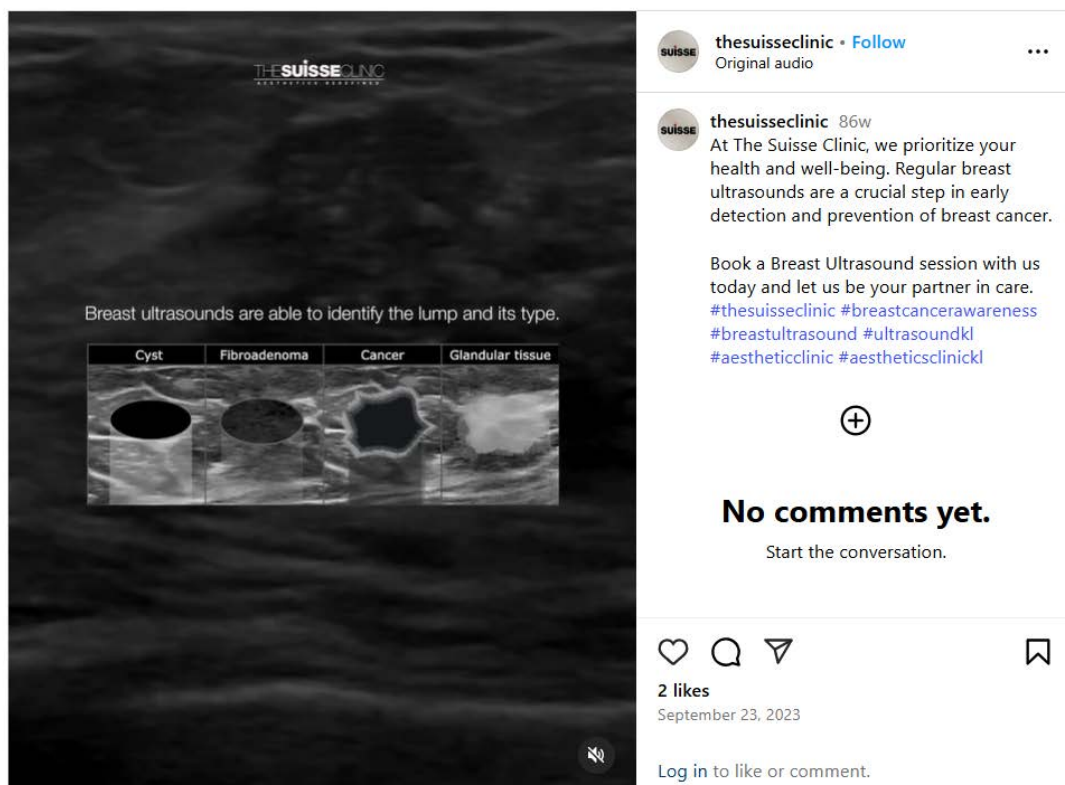
5. Protocolo realización de ecografía mamaria. Posición y pasos. Reel – video corto explicativo.

https://www.instagram.com/reel/C4ymx6_P-5u/?igsh=NmNrM2xxOHlxbWp0



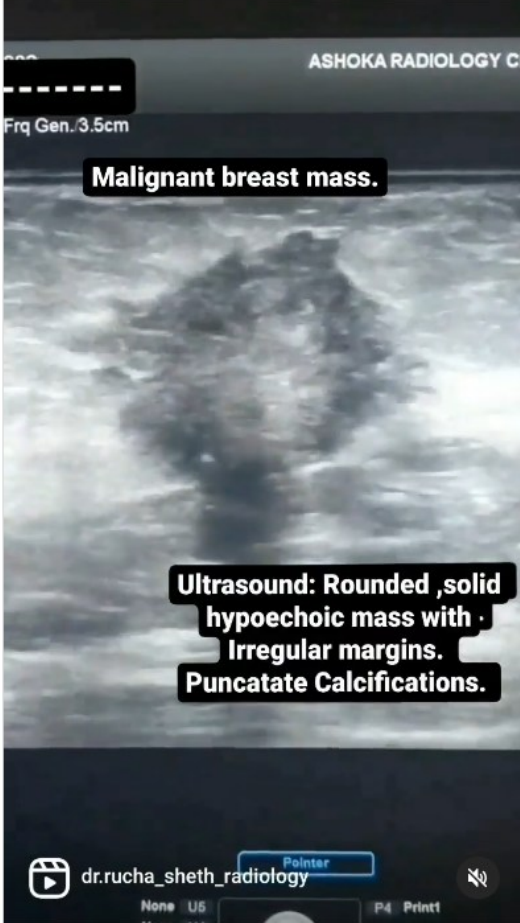
6. Cómo lucen los nódulos mamarios benignos vs. sospecha.

<https://www.instagram.com/reel/CxhSmTFSWIS/?igsh=cjJ1cHA2MW9rb3Bx>



7. Video pocos segundos – Reel de hallazgos de sospecha de nódulos en la mama.

<https://www.instagram.com/reel/CPIJt-KhFWR/?igsh=MTh6d203cGJoYmNqYQ==>



Malignant breast mass.

Ultrasound: Rounded, solid hypoechoic mass with Irregular margins. Punctate Calcifications.

ASHOKA RADIOLOGY CLINIC

Frq Gen. 3.5cm

dr.rucha_sheth_ashokara • Follow ...
diology
Original audio

dr.rucha_sheth_ashokaradiology • 207w
Malignant (cancerous) breast mass.

Patient : 52 yrs old female with painless hard lump under the nipple.

MAMMOGRAPHY: typically dense, Rounded or tall lesions with irregular margins.
Nipple retraction.

ULTRASOUND: Hypoechoic, solid breast mass with irregular margins , nipple base retraction & moderate vascularity.

BIRADS CLASSIFICATION : V

#breast #cancer #breastcancer
#breastcancerawareness
#lumpinbreast #lump #breastlump

64 likes
June 1, 2021
Log in to like or comment.

8. Tips para el MIR. Características del Fibroadenoma. Post.

<https://www.instagram.com/p/BwDQvRwAgQU/?igsh=MXYwZ3Q3NHRxYTIkOA%3D%3D>



Fibroadenoma de mama

@medicina.datolisto

CARACTERÍSTICAS CLÍNICAS: (+++FRECUENTES*)

- En mujeres jóvenes
- Mayor incidencia entre los 15-35 años
- Son tumores pequeños (promedio 2-3cm)
- Indoloro
- Muy móvil
- Crecimiento lento
- Pueden ser bilaterales o unilaterales

*Características frecuentes, mas no absolutas**

UpToDate: Overview of benign breast disease, Michael S Sabel. Sep 19, 2018

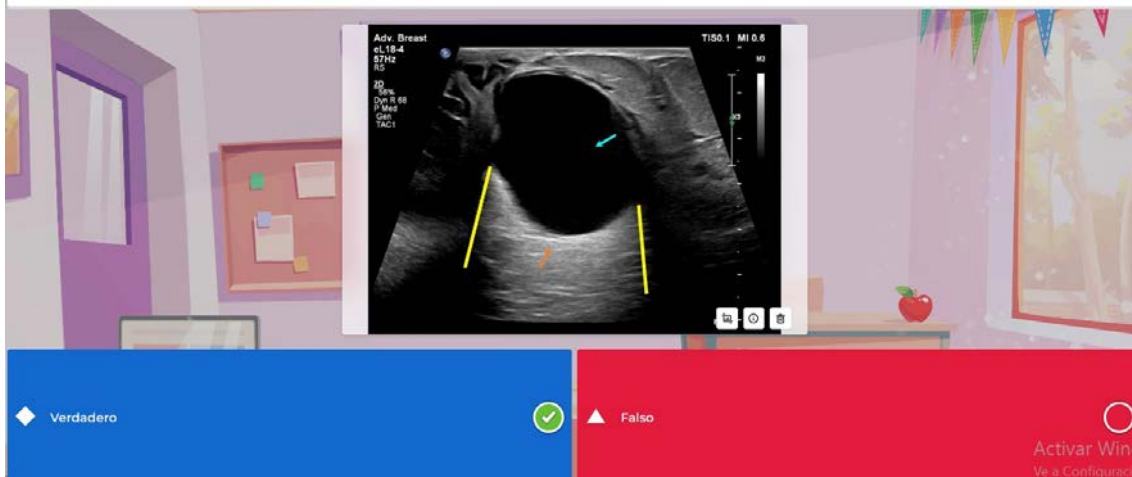
datolisto.med • Follow ...

datolisto.med Edited • 319w
PATOLOGIA FRECUENTE: Los fibroadenomas son el tumor benigno más común en el seno, y representan la mitad de todas las biopsias de seno. Los fibroadenomas simples son tumores sólidos benignos que contienen tejido glandular y fibroso. En el 20% de los casos, los fibroadenomas múltiples ocurren en el mismo seno o bilateralmente. Se desconoce la etiología de los fibroadenomas, pero es probable que exista una relación hormonal, ya que persisten durante los años reproductivos, pueden aumentar de tamaño durante el embarazo o con la terapia con estrógenos, y generalmente regresionan después de la menopausia. Se encuentran más comúnmente en mujeres entre las edades de 15 y 35 años.

772 likes
April 10, 2019

Modelos de cuestionariosde Kahoot! ®

Según el BIRADS. Este tipo de lesiones son líquidas, ovaladas, márgenes circunscritos.
Categoría-2



Artículo publicado en la revista de Educación Médica

Digital Innovation in Radiology Education: Assessing the Impact of Instagram-Integrated Learning for Breast Ultrasound Skill.

Sebastian Rivadeneira-Rojas^{1,5}, Vasileios Rafailidis^{2,3}, Florentina Guzmán-Aroca⁴, Panos Prassopoulos^{2,3}.

¹University of Valencia, Spain, ORCID 0000-0002-7083-9421, seriro@alumni.uv.edu.

² Aristotle's University, Thessaloniki, Greece, billraf@hotmail.com, ORCID 0000-0002-0284-4106
billraf@hotmail.com

³ Radiology Service, University Hospital of AHEPA, Thessaloniki, Greece, ORCID 0000-0003-0720-7760, pprasopo@auth.gr

⁴ Department of Radiology, Hospital Clínico Universitario "Virgen de la Arrixaca", El Palmar (Murcia), Spain, ORCID 0000-0002-4475-9022, florentina.guzman@gmail.com

⁵ Department of Radiology, Clínica Tecnológica Médica, Almería, Spain.

* Correspondence: seriro@alumni.uv.edu / sebas.rojas.md@gmail.com

Received: 3/12/25; Accepted: 4/15/25; Posted: 4/16/25

Summary: Over a 10-week period, 38 third-year medical students participated in an online course integrated into a basic breast ultrasound workshop. The primary objective of this article is to comprehensively assess the impact of the online self-directed training phase. In the experimental group, students engaged with a curated selection of publicly available audiovisual resources sourced from Instagram®, while the control group followed traditional instruction through conventional masterclasses using PowerPoint presentations. The experimental hypothesis posited that foundational breast ultrasound skills could be effectively acquired through the exploration of public Instagram content combined with self-assessment via Kahoot®. In this context, Kahoot® served not only as the platform for disseminating Instagram-related topics and links but also as a tool for ongoing formative assessments within the experimental group. A quasi-experimental design was employed, incorporating pre- and post-assessments and a control group for comparison. The findings demonstrated significant gains in both knowledge and confidence among students exposed to the gamified, Instagram-based intervention. Specifically, in the domain of Histology and Anatomy, the experimental group improved their post-test scores from 6.68 to 8.68, whereas the control group's scores increased from 4.47 to 5.14. Regarding ultrasound physics knowledge, the experimental group's scores rose from 6.26 to 7.74, in contrast to an increase from 4.17 to 4.90 in the control group. In terms of understanding normal breast anatomy, the experimental group achieved a post-test score of 6.83, while the control group improved from 4.79 to 6.79. Moreover, the experimental group demonstrated a marked improvement in their ability to identify benign and suspicious breast findings. Self-assessment data indicated enhanced confidence in ultrasound skills among experimental group participants, who also reported high levels of enthusiasm for the program, reflected in an average satisfaction rating of 4.63 out of 5. This elevated satisfaction may contribute to increased program visibility and future enrollment. Despite these encouraging results, the limited sample size (19 participants per group) restricts the generalizability of the findings. Future research should involve larger sample sizes and longitudinal designs to better evaluate knowledge retention and the long-term impact of social media platforms on medical education.

Keywords: Breast ultrasound; medical education; gamification; social media; Kahoot®; Instagram®, quasi-experimental.

Resumen: Durante 10 semanas, 38 estudiantes de tercer curso de medicina participaron en un curso en línea impartido como parte de un taller básico de ecografía mamaria. El objetivo de este artículo es evaluar en profundidad los efectos de la fase de autoformación en línea. En un grupo experimental, estos estudiantes interactuaron con una serie de recursos audiovisuales

meticulosamente comisariados, públicos y de libre acceso desde Instagram®; un grupo de control continuó con la clase magistral tradicional (conferencias en PowerPoint). La hipótesis experimental se centró en el aprendizaje de la ecografía mamaria básica mediante la visualización de material público de Instagram y la autoevaluación a través de Kahoot®; Kahoot® no sólo se convirtió en la plataforma para la entrega de temas y enlaces de Instagram, sino que también contó con autoevaluaciones continuas para el grupo experimental. El estudio empleó un diseño cuasiexperimental con evaluaciones previas y POST-TESTes y grupos de control. El estudio encontró mejoras significativas en el conocimiento y la confianza entre los estudiantes de medicina que utilizan intervenciones gamificadas basadas en Instagram. En conocimientos de histología y anatomía, el grupo experimental aumentó las puntuaciones tras la prueba de 6,68 a 8,68, mientras que el grupo de control mejoró de 4,47 a 5,14. En Física del Ultrasonido, el grupo experimental aumentó su puntaje de 6.26 a 7.74, en comparación con un aumento modesto del grupo de control de 4.17 a 4.90. En comprensión de la Anatomía Normal de la Mama, el grupo experimental alcanzó una puntuación de 6.83, subiendo desde 5.26, mientras que el grupo de control llegó a 6.79 desde 4.79. Además, el grupo experimental mostró avances significativos en la identificación de hallazgos benignos y sospechosos de la mama (de 6.07 a 7.49), mientras que el grupo de control aumentó de 4.52 a 5.63. La autoevaluación indicó una mayor confianza en las habilidades de ultrasonido para el grupo experimental. A pesar de estos hallazgos positivos, el tamaño pequeño de la muestra (19 participantes por grupo) limita la generalización. Se recomienda que futuras investigaciones incluyan cohortes más grandes y diseños longitudinales para evaluar la retención del conocimiento y el impacto de las plataformas de redes sociales en la educación médica, subrayando la creciente aceptación de las redes sociales como herramientas de aprendizaje entre los estudiantes de la Generación Z.

Palabras clave: Ecografía mamaria; educación médica; gamificación; redes sociales; Kahoot®; Instagram®, cuasiexperimental.

1. Introduction

On March 10, 2025, the Instagram® account @ctisus_radiology—recognized as a leading resource in radiology education—published a post (figure 1) following a user survey on social media usage for radiology learning. A 2022 poll, answered by 254 participants, revealed that YouTube® was the most widely used platform, preferred by approximately 72% of respondents, followed by Instagram® at 62%. In terms of usage frequency, 46% reported engaging with radiology content daily, while 33% indicated accessing it several times a week. These figures underscore the growing role of social media in engaging younger medical learners and offering accessible alternatives to traditional radiology education.

Instagram® Reels and posts, in particular, provide a visually rich medium well-suited to radiology—a specialty deeply grounded in image interpretation. Despite its promise, the incorporation of edited social media content into formal medical education, especially in radiology, poses challenges concerning accuracy, standardization, and educational validity.

Recent literature supports the educational value of social media in medical training. One publication emphasized how social media platforms enhance surgeons' understanding of procedures and clinical concepts as part of their ongoing professional development. A 2024 systematic review detailed the ways in which surgeons use Facebook®, Twitter®, Instagram®, and YouTube® to connect with peers, discuss complex cases, share knowledge, and provide continuous education unrestricted by geography (1). Furthermore, social media use has been associated with measurable improvements in knowledge, attitudes, and skill acquisition across medical students, residents, and practicing physicians. A particularly notable quasi-experimental study on general surgery residents found that those participating in a Twitter-based educational initiative achieved

greater improvements in American Board of Surgery In-Training Examination percentile ranks compared to their non-participating peers (1).

Given the visual-centric nature of Instagram® and the evolving demographics of today's medical students—largely composed of Generation Z—there is a compelling rationale to investigate the platform's educational potential, particularly in image-intensive fields such as radiology. Generation Z, raised in a technologically dynamic environment, may benefit from innovative educational interventions delivered through familiar digital channels. A study conducted at Sultan Qaboos University demonstrated that Instagram® Reels significantly enhanced anatomy and physiology learning among nursing students (2).

Instagram®'s image-based structure makes it particularly apt for radiology education, where visual interpretation is fundamental. Short video content (Reels) allows for the clear and engaging communication of complex concepts. A systematic review on the use of Instagram in anatomy education outlined effective teaching methods using the platform, including clinical images, explainer videos, multiple-choice questions, and medical illustrations (5). Instagram's features—such as intuitive usability, hashtag-based content organization, and its appeal for visual learning—make it a viable educational tool. Nonetheless, certain limitations persist, including the risk of passive content consumption and the need for qualified personnel to effectively manage educational content (5).

Incorporating breast ultrasound education into social media platforms represents a significant advancement in medical education. This modality is increasingly important in the early and accurate detection of breast cancer. Breast ultrasound is a non-radiative, cost-effective imaging method that complements mammography. Today, ultrasound is increasingly recognized by medical students as an essential diagnostic tool—not only by radiologists, but also by practitioners across various specialties.

Recent studies highlight the growing adoption of point-of-care ultrasound (POCUS) in diverse clinical settings beyond emergency medicine. As POCUS use expands, so does the need for comprehensive training in ultrasound image interpretation to enhance diagnostic precision and patient care (6). Proper training improves diagnostic accuracy and ultimately leads to better clinical outcomes. The integration of ultrasound into multiple medical specialties reflects a shift toward more immediate and informed decision-making in clinical practice. A 2022 survey revealed that over half of U.S. medical schools had incorporated POCUS training into their undergraduate medical education curricula (9), underscoring the increasing recognition of ultrasound's value in both education and clinical care.

¿How Social Media Content Improves Online Learning?

For members of Generation Z—preclinical medical students who are true digital natives—learning ultrasound through curated social media content offers an engaging, interactive experience. A recent evaluation explored the use of Instagram® as a tool for ultrasound and radiology education. While educational ultrasound posts were relatively scarce (constituting only 11% of analyzed content), nearly 50% of posts tagged with "#radiology" were deemed educational. The strategic use of hashtags such as "#UltrasoundEd" significantly increased the visibility and accessibility of educational content. These findings support the conclusion that Instagram, when optimized through purposeful tagging, can be an effective platform for disseminating image-based medical education and improving content discoverability for learners (7).

The adaptability of social media in complementing ultrasound education is further supported by studies involving platforms such as Facebook®, which offer a variety of communication tools aimed at enhancing knowledge retention and learner engagement (8–10). These tools align closely with the learning preferences of Generation Z students, who favor straightforward, visual, and

interactive educational resources. The increasing reliance of younger generations on social media for both communication and education reflects a broader shift in learning habits. A 2024 study demonstrated that Generation Z medical students prefer multimedia resources over traditional textbooks. The study concluded that visuals—such as clinical demonstration videos—were more effective than text in conveying complex topics, including cardiovascular and neurological examinations (14).

Supporting these findings, a 2020 study revealed that Gen Z nursing students spend an average of 1.37 hours per day using social media for clinical learning, with YouTube® and Google+/Currents among their most utilized platforms (13). A 2025 survey among medical residents found Instagram® to be the most frequently used platform during the residency application process, with 47.5% of respondents engaging with it. Remarkably, Instagram influenced 26.2% of students' residency rankings and shaped the program perceptions of 47.6% of respondents (12). Instagram's appeal stems from its ability to merge educational content with insights into residency culture, faculty interactions, and social events, fostering a strong sense of community among medical students. Students increasingly favor educational content that blends social connection with academic enrichment. Creative posts that integrate community-building elements with instructional content are especially impactful. A 2021 study emphasized Instagram's usefulness in helping students explore medical career pathways, including specialties such as orthopedic surgery (15–16). By facilitating access to educational materials, imaging techniques, and narratives from clinical practice, Instagram enhances both learning and career exploration for aspiring physicians.

In 2022, Premal Patel identified two key considerations for addressing Generation Z's expectations in medical education (17):

- **Curricular Innovation:** Medical education must evolve to meet the needs of Gen Z learners by incorporating methods such as team-based learning, problem-based learning, and flipped classrooms, both online and in-person.
- **Content Design:** Educational content should be concise, engaging, and tailored to short attention spans. Multimedia and visual aids should be prioritized to improve understanding and retention.

This research project investigated the feasibility of using a digital, audiovisual, social media-based approach to teach breast ultrasonography to undergraduate medical students. The broader goal was to innovate educational strategies for training future healthcare providers in the early identification of breast diseases, thereby improving their competency in ultrasound interpretation. This initiative addresses gaps in early breast cancer detection—a critical area within the healthcare system—and proposes new methodologies to enhance diagnostic accuracy and patient outcomes.

Over a 10-week period, 38 third-year medical students participated in an online course embedded within a basic breast ultrasound workshop. This article aims to evaluate in depth the effects of the online self-training phase. In the experimental group, students engaged with a collection of publicly available and carefully selected audiovisual resources sourced from Instagram®, while the control group received conventional instruction through PowerPoint-based masterclasses. The central hypothesis of the study posits that students can acquire foundational breast ultrasound skills by analyzing openly accessible Instagram content and participating in self-assessment through the Kahoot® platform.

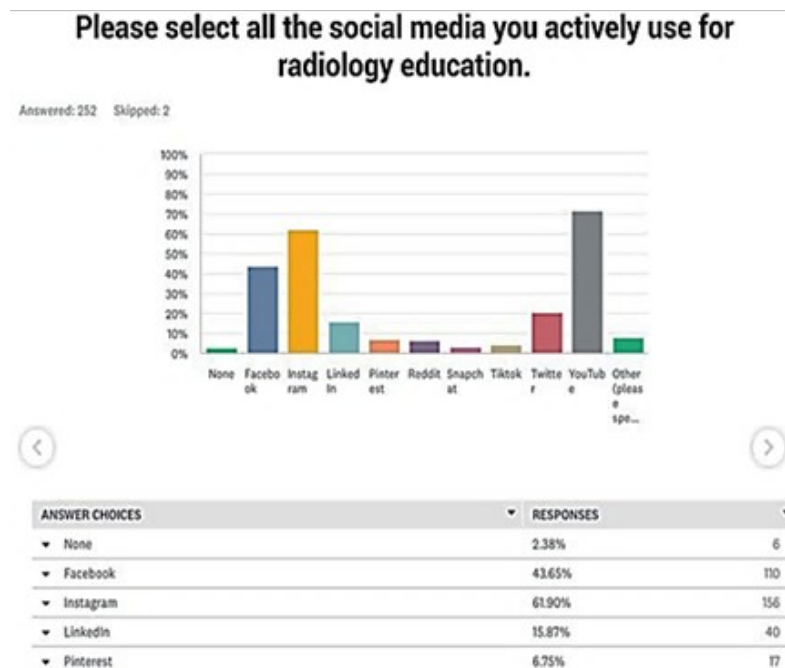


Figure 1. Survey conducted by @ctisus_radiology. The survey assesses the primary social media platforms and the frequency with which users engage to acquire knowledge in radiology. <https://www.instagram.com/p/DHBKV-jMbS7/>

2. Methods

Scope and duration

The duration of the project was five months (table 1). This research initiative was designed to align with the educational strategies of the medical school by integrating online radiology training for third-year medical students, with a particular emphasis on basic breast ultrasound education. To achieve this goal, an online course was developed, featuring curated educational content sourced from Instagram®. Online learning serves as a valuable pedagogical tool, promoting the development of critical, creative, and complex thinking skills (14). It offers flexibility, allowing students to engage with learning materials at their convenience, while still participating in structured online educational activities that support deep and comprehensive understanding (20). In the context of this project, online learning was employed to teach and demonstrate foundational ultrasound skills, specifically focused on breast ultrasound interpretation.

Requirements:

- **Online Component:** The intervention integrated multimedia elements including posts (Figure 2), short videos in the "Reels" format (Figure 3), animations, quizzes, and interactive cases (20). This study utilized only publicly accessible, curated Instagram® content—available without cost, registration, or the requirement to follow specific accounts. Figure 2 provides an example of such content.
- **Technology Integration:** The intervention leveraged technology to support adaptive learning (20). The online format incorporated a Kahoot®-based course structure, which included interactive quizzes aligned with Instagram® content.

Study Design

This was a quasi-experimental, pre- and post-test design with a control group. The rationale for using a quasi-experimental approach in this educational study, which assessed Instagram® as a tool for teaching breast ultrasound to undergraduate medical students, is multifold:

1. It enables the evaluation of interventions in real-world educational settings, thereby improving external validity.
2. It offers a practical alternative when randomization is constrained. However, in this case, randomization was achieved based on diagnostic test ranking within the full participant sample.
3. It provides a cost-effective way to evaluate the impact of innovative tools such as social media in medical education.
4. It is feasible within the context of medical education, where digital learning platforms are increasingly integrated.
5. It allows for the exploration of how platforms like Instagram® influence engagement and learning in image-intensive subjects such as ultrasound.

Advantages of the Quasi-Experimental Design

- Ecological Validity: Facilitates research in real-world settings, increasing the external validity of the findings (26).
- Practicality: Appropriate when randomization is impractical or unethical, while still enabling intervention testing in authentic conditions (26).
- Cost-Effectiveness: Requires fewer resources than randomized controlled trials (24).
- Longitudinal Feasibility: Can support research tracking outcomes over time (25).

Limitations of the Quasi-Experimental Design

- Lower Internal Validity: Without full randomization, controlling for all confounding variables is more challenging (26).
- Limited Causal Inference: Makes drawing definitive cause-and-effect conclusions more difficult (25).
- Selection Bias: Non-random group assignment may introduce bias (22).
- Data Quality Issues: Retrospective data collection can lead to missing, inaccurate, or incomplete data (24).

Inclusion and Exclusion Criteria

Participation was restricted to third-year medical students and was designed as a voluntary, optional complement to the existing university curriculum. No academic credit or financial compensation was provided, and anonymity was preserved to ensure no impact on participants' academic evaluations. A cap of 40 students was set for the study. Out of 45 initial respondents, 38 met the inclusion criteria, reflecting a rigorous and standards-based recruitment process. The inclusion criteria were:

- Enrollment as a third-year medical student.
- Completion of the General Radiology rotation in the preceding semester.
- Understanding that Instagram® content is publicly available and does not require account creation or following specific profiles.
- Willingness to participate in weekly Kahoot® quizzes, engage with Instagram® content, and complete both pre- and post-tests.
- Provision of informed consent.

And the exclusion criteria were:

- Students from other academic years or non-medical programs.
- Failure to complete the third-year General Radiology rotation.
- Refusal to engage with Instagram® content.
- Incompatibility with online participation, as indicated on the recruitment form.
- Refusal to provide informed consent.

Random assignment

To minimize systematic bias, participants were randomly assigned to the control or experimental group following an initial diagnostic test administered anonymously via www.exam.net. This test, based on validated items from a pilot survey, evaluated fundamental knowledge of ultrasound physics, image formation, breast anatomy, histology, and pathology (both benign and malignant). Participants were then sorted in ascending order of their scores and distributed randomly across both groups to ensure a balanced range of baseline knowledge.

Improving validity and minimizing bias

This method helped ensure that observed effects were attributable to the intervention itself, rather than extraneous factors. Instagram® engagement, while measured, was not assumed to correlate with academic performance, serving instead as an instrumental variable to isolate the impact of the intervention. The use of pre-intervention diagnostic tests confirmed baseline equivalency between groups, strengthening the internal validity and reducing the variability that might obscure true effects.

Use of Non-Equivalent Dependent Variables

To further support the study's validity, outcome assessments included more than just knowledge acquisition. A post-intervention Likert scale survey measured student satisfaction with the course design and Instagram® content, treating satisfaction as a secondary outcome rather than a driver of academic gains.

Blinding in Evaluation

All evaluations were conducted in a neutral and anonymous manner. Student assessors were unaware of participants' group assignments, minimizing evaluator bias. This quasi-experimental, pre-post test framework helped ensure methodological rigor and strengthened the validity of the study's conclusions.

Data analysis

IBM 29th ed. SPSS. was used to run descriptive and inferential statistics. Descriptive statistics include the mean and standard deviation. Inferential statistics include two major tests, namely independent samples T-test (Student's T test) and paired sample T-test. For comparing the control and experimental groups, the independent samples were used. For the pre and posttest scores, the paired sample T-test is used to check whether or not there is a statistically significant improvement in the test scores due to the intervention or experiment that is implemented. As a follow-up satisfaction survey, it was assessed through a comprehensive descriptive analysis derived solely from the experimental group at the end of the intervention.

Table 1. Schedule of operations across the five-month research period, encompassing pilot study, content curation, diagnostic assessment, pre- and post-intervention evaluations, and subsequent evaluation analysis and statistical analysis.

2024 Stages	February	March	April	May	June
Pilot Study – Questionnaires Validation					
Content Curation					
Building The Digital Interface - Kahoot Course					
Volunteer Recruitment Phase					
Study Instruction Phase. Diagnostic Test (Pre-Test)		Diagnostic Test (Pre-Test), Randomize Groups Using Ranking			
Experimental: Social Media Exposure. Control: Traditional Classrooms.				Final Evaluation (Post-Test)	
Evaluation Phase					
Results Interpretation Phase					
Statistical Analysis					



Figure 2. For Spanish-speaking students, this curated post, which includes images and diagrams, was utilized. Consequently, it is written in Spanish. This is an example of a public post in Instagram (18). Fuente: Morales, M. (s. f.). BIRADS - Hallazgos por Ecografía. Instagram. <https://www.instagram.com/p/CnwqifxOhYt/>

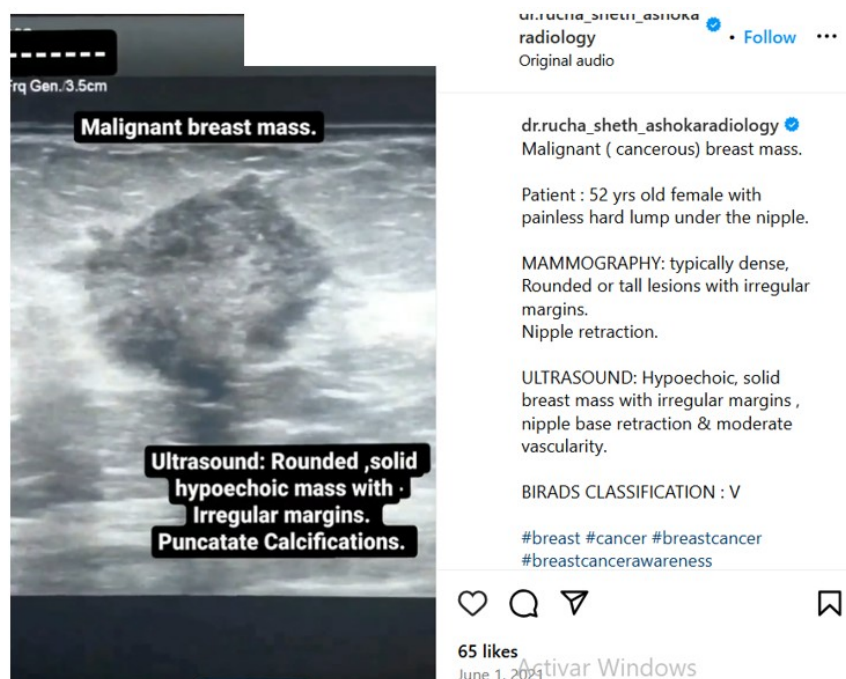


Figure 3. This an example of an explicative short video (Reel), explaining a case with suspicious features (19). Source: Sheth Ashoka, R. (2021, June 1). Malignant (cancerous) breast mass [Reel]. Instagram. <https://www.instagram.com/reel/CPIJt-KhFWR/>

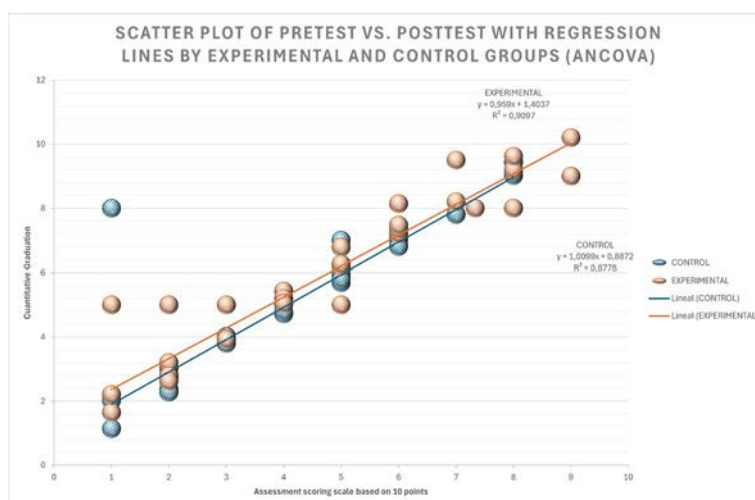


Figure 4. Scatter Plot of Pretest vs. Posttest with Regression Lines by Experimental and Control Groups (ANCOVA).

Internal validity

This study aimed to assess breast ultrasound knowledge using a 20-question multiple-choice questionnaire developed as a pilot instrument. The questionnaire was designed to evaluate knowledge across four key domains:

- Basic ultrasound physics and image interpretation.
- Anatomy and histology of the mammary gland.
- Benign breast diseases.
- Suspicious findings in breast ultrasound.

To validate the instrument, eight breast ultrasound experts—board-certified radiologists—completed the questionnaire on two separate occasions, spaced one to two weeks apart (table 2). Their responses were analyzed to determine internal consistency, temporal stability, and inter-rater reliability using the following statistical methods: Cronbach's alpha, Pearson correlation, and the Intraclass Correlation Coefficient (ICC).

Internal Consistency

To evaluate internal consistency, Cronbach's alpha was calculated. The resulting value was 0.810, indicating good reliability. This suggests that the items on the questionnaire consistently measure the intended underlying constructs of breast ultrasound knowledge.

Inter-Rater Reliability

A two-way mixed-effects model was used to calculate the Intraclass Correlation Coefficient (ICC) for average measures. The ICC was 0.810, with a 95% confidence interval ranging from 0.052 to 0.962. The F-test yielded statistically significant results: $F(7, 7) = 5.267$, $p = .022$, indicating reliable agreement among expert raters across both testing occasions.

Temporal Stability

Pearson correlation analysis was conducted to assess the stability of scores over time. The correlation coefficient between the two test administrations was $r = 0.689$, with a p -value of 0.05. This result indicates a moderate to strong positive relationship between scores, suggesting that experts who performed well on the first attempt tended to perform similarly on the second attempt, confirming the test's temporal reliability.

In summary, the pilot questionnaire demonstrated solid psychometric properties, including strong internal consistency, reliable inter-rater agreement, and stable performance over time. These findings support its use as a valid and reliable tool for assessing breast ultrasound knowledge in future educational interventions.

Methodological plan

This research initiative was introduced to third-year medical students on a voluntary basis, highlighting its role within an educational study focused on radiology. Information about the study and its organization—including an online training component in basic breast ultrasound delivered via social media—was disseminated through academic announcements and digital platforms at the University. A total of 54 third-year medical students initially expressed interest in participating. After applying the inclusion and exclusion criteria, the final sample size consisted of 38 students, divided equally between an experimental group ($n = 19$) and a control group ($n = 19$). The study was conducted in three distinct phases:

1. Pre-Study Phase (Week 1): All participants completed a diagnostic pre-test. Based on the anonymous ranking of scores, students were randomly assigned to either the experimental or control group, following a quasi-experimental design.
2. Intervention Phase (Weeks 2 to 8): The experimental group engaged with structured content organized by thematic chapters. This included audiovisual resources curated from public Instagram® accounts and weekly interactive quizzes via Kahoot®. In contrast, the control group continued with traditional instruction, consisting of unidirectional lectures delivered through PowerPoint presentations.
3. Post-Exposure Phase (Weeks 8 to 11): Both groups completed a post-test using the same validated questionnaire employed in the pre-test. Additionally, students in the experimental group were invited to complete a satisfaction survey assessing their experience with the Instagram®-based teaching method at the conclusion of the course.

Ethical aspects.

This study was reviewed and approved by the Ethics and Research Committee of the University of Murcia prior to its implementation. The following ethical principles were adhered to throughout the study:

- Confidentiality: Participation was anonymous; no authentication or login was required for assessments.
- Data Protection: All data—both results and personal information—were encrypted to ensure privacy.
- Non-remuneration: Participants did not receive any financial or academic compensation for their involvement.
- Self-funding: The project was entirely self-funded by the research team, with no external sponsorship.
- No Commercial Interest: There was no requirement to create or follow any Instagram® accounts. All educational materials used in the study were freely accessible public content, available to both account holders and non-users.

Table 2. The results from the pretest and post-test MCQ surveys demonstrated that eight medical radiologists responded to the same questionnaire at intervals of one to two weeks.

PRETEST																					Expert	Score	Pretest	
Expert	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20				Total
E1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1				15
E2	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1				16
E3	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0				14
E4	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1				15
E5	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1				16
E6	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1				14
E7	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1				17
E8	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	17			
																					E2	16		
																					E3	14		
																					E4	15		
																					E5	16		
POSTEST																					E6	14		
Expert	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	Total	E7	17	
E1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	16	E8	17	
E2	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	17			
E3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	17			
E4	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	19			
E5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	19			
E6	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	16			
E7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	19			

Expert	Score Pretest
E1	15
E2	16
E3	14
E4	15
E5	16
E6	14
E7	17
E8	17

3. Results

Statistical Analysis and Results

This analysis evaluated differences in post-intervention scores between the experimental and control groups (figure 4). Analysis of Covariance (ANCOVA) was employed to determine the effect of the intervention while adjusting for baseline differences in pretest scores.

The results indicate a significant effect of the intervention. The regression equation for the experimental group was $y = 0.959x + 1.4037$, with a coefficient of determination (R^2) of 0.9097. For the control group, the equation was $y = 1.0099x + 0.8872$, with an R^2 of 0.8778.

These findings suggest that for every one-point increase in the pretest score, posttest scores increased by approximately 0.96 points in the experimental group and 1.01 points in the control group. The similarity in slope values (0.959 and 1.0099) demonstrates that both groups followed nearly parallel trends in posttest performance relative to pretest scores. This confirms that the assumption of homogeneity of regression slopes—a key requirement for ANCOVA—was met.

The regression intercepts provide further insight. While a pretest score of zero is not practically meaningful, the intercepts reflect the vertical shift between regression lines: +1.4037 for the experimental group and +0.8872 for the control group. After adjusting for pretest scores, these differences suggest that the experimental group outperformed the control group on the posttest.

The high R^2 values (0.9097 and 0.8778) for both groups indicate that the linear regression model explained a substantial proportion of the variance in posttest scores. These values, both exceeding 0.87, highlight the model's strong explanatory power and reinforce the appropriateness of ANCOVA for this study.

The ANCOVA revealed a statistically significant difference between groups after adjusting for pretest scores, with a p-value of 0.0196. The 95% confidence interval for the difference in posttest scores between groups ranged from 0.07 to 0.75, favoring the experimental group.

In summary, the intervention had a clear and statistically significant positive effect on participants' posttest performance. These findings support the effectiveness of using curated Instagram® content as a complementary educational tool and provide a solid foundation for future research in digital learning strategies within medical education.

Comparative analysis

Table 2 presents a comparative analysis of the average scores obtained by both the experimental and control groups in relation to the breast ultrasound learning outcomes. The data indicate that the experimental group, which received Instagram®-based online training, achieved higher average scores compared to the control group, suggesting the positive impact of the digital intervention on students' learning performance.

Table 2. Independent Data And Average Ratings In Each Learning Area.

Subjects Of The Online Training (Pre And Post Test)			Groups	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Histology And Normal Anatomy (Previous)			Control	19	4.47	1.679	.385
			Case	19	6.68	3.038	.697
Histology And Normal Anatomy (Post-Test)			Control	19	5.14	1.438	.330
			Case	19	8.68	1.322	.303
Physical Principles Of Ultrasound (Previous)			Control	19	4.17	1.330	.305
			Case	19	6.26	1.821	.418
Physical Principles Of Ultrasound (Post-Test)			Control	19	4.90	1.300	.298
			Case	19	7.74	1.731	.397
Ultrasound Anatomy Of The Normal Breast (Previous)			Control	19	4.79	1.619	.371
			Case	19	5.26	1.628	.373
Ultrasound Anatomy Of The Normal Breast (Post-Test)			Control	19	6.79	1.200	.275
			Case	19	6.83	1.278	.293
Ultrasound Of Benign And Malignant Breast Findings (Previous)			Control	19	4.52	0.991	.227
			Case	19	6.07	1.404	.322
Ultrasound Of Benign And Malignant Breast Findings (Post-Test)			Control	19	5.63	1.143	.262
			Case	19	7.49	1.486	.341

Table 3 presents the differences in knowledge acquisition between the experimental (case) and control groups during the pre-test and post-test phases. The findings reveal a statistically significant difference between the groups, with a 95% confidence interval, highlighting the effectiveness of the educational intervention.

Table 3. Variations in the acquisition of knowledge between experimental and control groups during the pre-test and post-test phases.

		Paired Differences					t	Significance	
		Mean Pre- Post.	Std. Dev.	Std. Error	95% Confidence Interval			One- Sided p	Two- Sided p
					Lower	Upper			
Pair 1	Histology and normal anatomy	-1.331	1.829	.297	-1.932	-.730	-4.485	<.001	<.001
Pair 2	Physical principles of ultrasound	-1.103	1.018	.165	-1.437	-.768	-6.676	<.001	<.001
Pair 3	Ultrasound anatomy of the normal breast	-1.786	1.171	.190	-2.171	-1.401	-9.398	<.001	<.001
Pair 4	Ultrasound of benign and malignant breast findings	-1.266	.829	.135	-1.539	-.994	-9.412	<.001	<.001

The impact of skill acquisition in breast ultrasound on self-perception was evaluated between the experimental and control groups during the pre-test and post-test phases. The analysis revealed statistically significant differences among the six paired groups (table 4). A survey was conducted at the end of the online training to assess student satisfaction with this educational method (table 5).

Table 4. Impact of Self-Perception on Skill Acquisition in Breast Ultrasound between experimental (cases) and control group during the pre- and post-test phases.

		Paired differences				t		Significance	
		Mean	Std. Dev.	Std. Error	95% confidence interval		t	One-sided p	Two-sided p
					Lower	Upper			
Pair 1	At this time. I can identify better ultrasound physics (artifacts and echogenicity) more clearly.	-1.553	1.142	.185	-1.92	-1.177	8.379	<.001	<.001
Pair 2	I have a better understanding of how to use the ultrasound machine.	-1.484	1.299	.211	-1.91	-1.057	7.042	<.001	<.001
Pair 3	I am able to identify in a better way the normal breast anatomy and histology by ultrasound.	-1.616	1.043	.169	-1.92	-1.273	9.547	<.001	<.001
Pair 4	I can adequately identify benign findings of breast lesions.	-1.921	1.160	.188	-2.302	-1.540	10.2	<.001	<.001
Pair 5	I can adequately identify malignant findings of breast lesions.	-1.747	1.087	.176	-2.15	-1.390	9.911	<.001	<.001

Pair 6	I can hypothesize birads categories by ultrasound.	-1.634	0.995	.161	-1.90	-1.307	10.1	<.001	<.001
--------	--	--------	-------	------	-------	--------	------	-------	-------

Table 5. Degree of satisfaction among students regarding this methodology and its components throughout the workshop.

	Mean	Std. Deviation
The imparted Instagram links. Did they provide you with useful information to solve this Kahoot?	4.42	.769
Usefulness perception social media in radiology	4.21	1.134
You are satisfied with the Kahoot evaluation format.	4.26	.872
How do you consider studying ultrasound cases through Post/short Reel-videos? These materials are useful for radiology.	4.37	1.065
Are you satisfied with the use of this modality (post/reels) to study radiology.	4.26	1.098
Would you recommend this course to someone who needs to improve their knowledge of ultrasound and breast ultrasound?	4.63	.496
In general terms, how would you rate the entire course.	4.63	.496
Would you recommend the use of this audiovisual material in radiology to your teachers.	4.37	.955

4. Discussion

Analysis of Knowledge Acquisition in Breast Ultrasound Between Experimental and Control Groups

In the current quasi-experimental study, which included both a control group and an experimental group (case), the results in table 2 provide a comparative analysis of the four chapters evaluated by pre- and post-tests. These results highlight how the intervention, which used Instagram® content in a gamified format, contributed to the students' knowledge acquisition related to ultrasound interpretation. The key findings were:

1. Histology and Anatomy: The intervention aimed at increasing knowledge in histology and anatomy showed notable improvements in the experimental group.
 1. Pre-test Scores: The case group scored significantly higher, with a mean of 6.68 (SD = 3.038), compared to the control group, which had a mean of 4.47 (SD = 1.679).
 2. Post-test Scores: The control group showed some improvement, reaching a mean of 5.14 (SD = 1.438), while the case group showed a more substantial increase, with a mean score of 8.68 (SD = 1.322).
2. Physical Principles of Ultrasound: The gamified strategy using Instagram material helped improve students' understanding of the physical principles of ultrasound.
 1. Pre-test Scores: The experimental group scored 6.26 (SD = 1.821), while the control group had a mean of 4.17 (SD = 1.330).
 2. Post-test Scores: The experimental group achieved a mean score of 7.74 (SD = 1.731), while the control group showed a smaller improvement, reaching a mean score of 4.90 (SD = 1.731).
3. Ultrasound Anatomy of the Normal Breast: Both groups improved in their understanding of ultrasound anatomy of the normal breast, though the intervention's impact appeared less pronounced here.
 1. Pre-test Scores: The case group scored 5.26 (SD = 1.619), and the control group had a mean score of 4.79 (SD = 1.619).
 2. Post-test Scores: The experimental group scored 6.83 (SD = 1.200), and the control group showed a slight increase to 6.79 (SD = 1.200).

4. Benign and Suspicious Breast Findings via Ultrasound: The intervention had a significant impact on the knowledge of benign and suspicious breast findings, with the experimental group showing the greatest improvement.
 1. Pre-test Scores: The case group scored 6.07 (SD = 1.404), while the control group had a mean of 4.52 (SD = 0.991).
 2. Post-test Scores: The case group achieved a mean of 7.49 (SD = 1.486), while the control group improved to 5.63 (SD = 1.143).

This comprehensive analysis underscores the effectiveness of the intervention in enhancing knowledge across various domains of medical education, particularly in histology and ultrasound. The experimental group consistently demonstrated significantly better scores across all evaluated areas when compared to the control group. The statistical significance of the differences between groups suggests that the intervention had a positive impact on knowledge acquisition. The use of a quasi-experimental design—despite being limited by the lack of randomization—was effective in evaluating the success of the intervention in a real-world educational setting. The integration of social media platforms like Instagram, along with gamification, contributed significantly to the improvement of students' understanding of complex topics in breast ultrasound and histology.

The results align with modern teaching principles that support the use of interactive and participative approaches, particularly in the context of medical education. In conclusion, the data in Table 3 further demonstrates that the experimental group, which participated in the online training, achieved significantly better scores than the control group across all domains. The post-test results highlighted significant improvements in participants' knowledge, reinforcing the effectiveness of gamification and Instagram content in enhancing learning outcomes. This study contributes to the growing body of evidence supporting the use of innovative teaching methods—particularly social media—in medical education.

Impact of Gamified Instruction Using Instagram® on Self-Perception of Breast Ultrasound Skills

Table 4 illustrates significant changes in participants' self-assessment of their breast ultrasound skills following a quasi-experimental instructional intervention. This study specifically contrasts the outcomes of a control group with those of an experimental group that underwent the intervention. The key findings show that all paired comparisons between pre-test and post-test scores for both groups demonstrated statistically significant changes, indicating that the intervention prompted meaningful changes in participants' self-evaluation of their ultrasound abilities. The key findings were:

1. Self-Assessment Improvement:
 1. The experimental group demonstrated marked increases in self-perceived skills. For example, the group's knowledge of ultrasound physics improved significantly, with a mean difference of -1.553, signaling a noteworthy and statistically significant change rather than a random fluctuation.
 2. Other evaluated skills—operation of sonographer machines, identification of normal anatomy, and recognition of benign and malignant findings—also showed significant improvements. Specifically, the experimental group's ability to identify benign findings exhibited the largest mean difference of -1.921, indicating a considerable enhancement in this skill set.
2. Gamification and Instagram® Content: The intervention, which incorporated gamification and Instagram® content, proved highly effective in improving students' self-perception of their ultrasound skills. These findings support contemporary research advocating for the use of innovative teaching methodologies, such as multimedia and interactive materials, to enhance learning outcomes in medical education.
3. Satisfaction with Social Media and Gamification:

1. Participants reported high satisfaction with the Instagram®-based instructional method. The average score of 4.42 for the use of Instagram® links reflected students' positive opinions about social media as an educational tool.
2. Students also rated social media's relevance in radiology with an average score of 4.21, further emphasizing their preference for such platforms in educational contexts.
3. The Kahoot® evaluation system received an average score of 4.26, indicating strong engagement and positive feedback on its effectiveness in fostering interactive learning.
4. Audiovisual Methods and Reels:
 1. The use of Instagram® "Reels" (short-form videos) for teaching ultrasound was well-received, with a mean score of 4.37, reflecting how these audiovisual methods enhance the teaching process.
 2. The overall satisfaction score of 4.63 further highlighted the effectiveness of the program in engaging students and fostering confidence in their ability to teach others, as reflected in the high mean score for directing others (4.63).

This study contributes to the growing body of literature on the use of Instagram® as a teaching tool in medical education. In contrast to other studies, such as the 2021 study on Instagram® in a hematology and oncology curriculum, where 72.6% of medical students showed engagement by creating Instagram accounts specifically for the program, this study emphasizes Instagram®'s effectiveness in enhancing comprehension and student involvement in visually intensive fields like ultrasound. Instagram® was found to significantly improve comprehension of complex topics and foster student engagement, particularly through clinical practice posts, self-care tips, and mnemonics, which resonate strongly with students. In conclusion, the gamified Instagram® intervention demonstrated clear educational benefits in improving self-perception of ultrasound skills among medical students. With high satisfaction rates, particularly regarding the use of social media and interactive evaluation tools, the intervention was successful in fostering a more engaging and effective learning environment. These findings underscore the growing potential of social media platforms, such as Instagram®, in medical education—particularly in enhancing skills in complex, visually demanding fields like breast ultrasound.

Instagram in Medical Education: Enhancing Learning and Engagement

Recent studies have highlighted the effectiveness of Instagram® as a tool for enhancing medical education, particularly in fields requiring strong visual and interactive learning methods.

The 2025 Study: "Instagram as a Tool to Enhance Human Histology Learning", demonstrated the efficacy of a dedicated Instagram account in improving human histology learning. The account featured interactive materials, histology images, and quizzes. The study involved second-year medical students, and findings showed that 85.6% of students actively engaged with the content. Notably, students who engaged more frequently had significantly better exam outcomes. The study emphasizes that Instagram's visual and interactive nature enhances knowledge retention and student engagement in histology education, highlighting its potential as a supplementary resource within medical curricula.

The 2023 Study: "Engagement with a Medical Student Life Instagram Account", analyzed an undergraduate medical student life account, which focused on student experiences, wellness initiatives, and academic resources. The study revealed substantial participation and engagement from medical students, underscoring Instagram's role in fostering community and disseminating important instructional information. It demonstrates how Instagram can be used to connect students, promote wellness, and offer an engaging platform for sharing educational content.

The 2023 Study: "Evaluating the Effectiveness of Instagram as a Health Education Tool" explored Instagram's potential as a medium for health education, highlighting its accessibility and aesthetic appeal. The study concluded that Instagram's interactive features make it an ideal

platform for spreading educational resources to healthcare students, reinforcing the idea that social media can be a powerful tool for engagement and learning in medical education.

The 2020 Study: "InstaHisto: Utilizing Instagram as a Medium for Disseminating Visual Educational Content" focused on Instagram® accounts dedicated to histology education, yielding impressive results. 98% of participants found the platform user-friendly, while 95% reported that the content on Instagram enhanced their confidence in responding to histology test questions. Additionally, 75% of participants indicated that using Instagram helped relax them during their histology studies. These findings suggest that the integration of Instagram® into educational frameworks can improve student engagement and learning outcomes by making the study process more enjoyable and less stressful.

Limitations and Future

While these studies highlight the potential of Instagram as an effective tool in medical education, several limitations must be acknowledged:

- **Sample Size Limitations:** The studies, including the current research, involved relatively small sample sizes (e.g., 19 participants per group). While these findings are valuable, they may not be fully generalizable to larger populations. Future research should consider larger sample sizes to enhance the credibility and applicability of the results.
- **Pre- and Post-Test Design Issues:** The pre- and post-test design is subject to several biases, including the potential familiarity effect. Participants may perform better in the post-test simply because they are more familiar with the test format, rather than because of an actual improvement in knowledge. To address this, future studies could use longitudinal designs with multiple sequential assessments to evaluate knowledge retention over time, rather than relying solely on one-time tests.
- **Exploration of Teaching Methods:** There is a need for more research on teaching methods in medical education, particularly with regard to their effects on students' persistence, enthusiasm, and knowledge retention. The use of Gamification in medical education has shown promise, and future studies should explore how game-based learning compares with traditional teaching methods. By examining different teaching approaches, we can identify the most effective methods for improving critical thinking skills in medical education.
- **Self-Perception and Clinical Performance:** Future research could also investigate how self-perception of students' abilities influences their clinical performance. Understanding how students perceive their skills, including their confidence in their abilities, can provide valuable insights into the impact of educational interventions on real-world medical practice. The role of self-confidence in clinical performance should be explored to determine how it affects decision-making and patient care.
- **Integration of Technology:** With the increasing role of technology in education, future studies should explore how virtual reality, social media, and online learning platforms can be integrated into medical training. Combining interactive technologies with traditional learning could enhance medical education and create a more engaging and effective learning experience for students.

The studies reviewed suggest that Instagram® is an effective tool for enhancing medical education, particularly in fields requiring strong visual and interactive learning. Instagram®'s engagement potential, combined with gamification, interactive quizzes, and visual content, proves effective in improving students' self-perception, knowledge retention, and overall learning outcomes. However, future research should focus on expanding sample sizes, addressing test biases, and exploring longitudinal assessments. There is a promising future for integrating social media and interactive technologies into medical education to improve student engagement, confidence, and clinical performance.

5. Conclusions

- This study highlights the potential of using Instagram-based gamified content as an educational tool in the radiology field. Despite some limitations, particularly the small sample size, the quasi-experimental design provides strong evidence of the positive impact of this intervention on both cognitive growth and students' self-assessment of ultrasound skills. The study demonstrates that social media platforms, when incorporated into educational strategies, can effectively enhance learning outcomes in complex medical subjects.
- The results emphasize the effectiveness of Instagram-based interventions in improving knowledge acquisition. Students in the experimental group consistently outperformed those in the control group across all learning domains. Specifically, the experimental group showed a significant increase in self-evaluation of ultrasound skills, indicating that interactive learning methods, such as gamification and multimedia resources, can significantly enhance student engagement and understanding in skill-based education, like ultrasound imaging.
- Survey data reveals a positive reception from students regarding the use of Instagram links as an educational tool. The mean score of 4.42 for the usefulness of Instagram, 4.21 for the relevance of social media in radiology education, and 4.26 for the effectiveness of the Kahoot evaluation system shows that students favor interactive, social media-integrated learning. This is consistent with existing research indicating that platforms like Instagram improve visualization, interaction, and memory retention, especially in challenging subjects such as radiology, histology, and hematology.
- While the quasi-experimental design provides valuable insights, its results are not easily generalizable. Longitudinal studies are needed to assess long-term retention of knowledge and its impact on clinical performance. Future research should also explore how different social media platforms support medical education, beyond Instagram, to understand the broader potential of these tools in teaching.
- This study shows that Generation Z students are particularly open to social media-supported educational initiatives. It is important to examine whether digital platforms foster interactive learning or simply create surface-level engagement. To maximize learning outcomes, educators must strike a balance between evidence-based approaches and creative teaching strategies that effectively integrate these technologies.
- This study adds to the growing body of research supporting the use of digital technologies in medical education. Instagram-based gamified approaches not only improve knowledge retention but also increase students' confidence in their interpretative skills, particularly in areas like breast ultrasound imaging. Although the full potential of social media in education is still being explored, it is clear that these platforms can be a valuable complement to traditional teaching methods, enhancing the learning experience and fostering greater engagement among students.

Supplementary material: Kahoot® online learning chapter. https://kahoot.it/challenge/09567141?challenge-id=7911150f-3adc-4069-a4a4-6322342383f2_1741732257667

Funding: This research received no external funding.

Acknowledgments: The authors thank all medical students who participated voluntarily. Special thanks to the Radiology Service of University Hospital of AHEPA, Thessaloniki, Greece and the host radiology professors Msc. Md. Panos Prassopoulos PhD and Prof. Msc. Md Vasileios Rafailidis PhD.

Declaration of conflict of interest: "The funders had no role in study design, data collection, analysis, or interpretation; in the writing of the manuscript or in the decision to publish the results".

Author Contributions: Conceptualization, Data Curation, Visualization Methodology: S.R.R.; Formal Analysis: and Resources: S.R.-R. and V.R.; Writing, Review & Editing, all authors.

References

1. Alshahrani M M, Alghamdi A M. The role of social media in continuing professional development among surgeons: A systematic review. *Journal of Surgical Education*, 2024, 81(2), 123–135. <https://doi.org/10.1016/j.jsurg.2023.10.004>

2. Khamis M, Alharthi A. Impact of Instagram Reels on knowledge acquisition in anatomy education: A quasi-experimental study at Sultan Qaboos University. *Medical Education Online*, **2023**, 28(1), 1234567. <https://doi.org/10.1080/10872981.2023.1234567>
3. Kearney R, O'Neill C. Social media as a tool for medical education: A review of the literature on Instagram's role in anatomy teaching. *Anatomical Sciences Education*, **2022**, 15(3), 234–245. <https://doi.org/10.1002/ase.2061>
4. Chin R, Tagerman D, Lima D L, Sreeramaju P. Twitter and surgery: how social media can impact surgical education. *Minerva Surgery*, **2023**, 78(6), 710-716. <https://doi.org/10.23736/S2724-5691.23.09898-2>
5. Escamilla-Sánchez A, López-Villodres JA, Alba-Tercedor C. Instagram as a Tool to Improve Human Histology Learning in Medical Education: Descriptive Study. *JMIR Medical Education*, **2025**, 11, 55861. <https://doi.org/10.2196/55861>
6. Kameda T, Taniguchi N, Konno K, Koibuchi H, Omoto K, Itoh K. Ultrasonography in undergraduate medical education: a comprehensive review and the education program implemented at Jichi Medical University. *Journal of Medical Ultrasonics*, **2022**, 49(2), 217-230. <https://doi.org/10.1007/s10396-021-01178-z>
7. Alsafi Nour, Alsafi Ali. Instagram: A platform for ultrasound education? *Ultrasound*, **2020**, 29(1), 44-47. <https://doi.org/10.1177/1742271X20920908>
8. Hempel D, Haunhorst S, Sinnathurai S, Seibel A, Recker F, Heringer F, Michels G, Breitzkreutz R. Social media to supplement point-of-care ultrasound courses: the “sandwich e-learning” approach. A randomized trial. *Critical Ultrasound Journal*, **2016**, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s13089-016-0037-9>
9. Russell F M, Zakeri B, Herbert A, Ferre R M, Leiser A, Wallach P M. The State of Point-of-Care Ultrasound Training in Undergraduate Medical Education: Findings From a National Survey. *Academic Medicine: Journal of the Association of American Medical Colleges*, **2022**, 97(5), 723-727. <https://doi.org/10.1097/ACM.00000000000004512>
10. Rathbun K M, Patel A N, Jackowski J R, Parrish M T, Hatfield R M, Powell T E. Incorporating ultrasound training into undergraduate medical education in a faculty-limited setting. *BMC Medical Education*, **2023**, 23(1), 1-7. <https://doi.org/10.1186/s12909-023-04227-y>
11. Lockey A, Bland A, Stephenson J, Bray J, Astin F. Blended Learning in Health Care Education: An Overview and Overarching Meta-analysis of Systematic Reviews. *The Journal of Continuing Education in the Health Professions*, **2022**, 42(4), 256-264. <https://doi.org/10.1097/CEH.0000000000000455>
12. Jandu S, Carey J L. Exploring Social Media Use Among Medical Students Applying for Residency Training: Cross-Sectional Survey Study. *JMIR Medical Education*, **2025**, 11, 1-9. <https://doi.org/10.2196/59417>
13. Vizcaya-Moreno M F, Pérez-Cañaveras R M. Social media used and teaching methods preferred by generation z students in the nursing clinical learning environment: A cross-sectional research study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **2020**, 17(21), 1-10. <https://doi.org/10.3390/ijerph17218267>
14. Kim K J. Medical student needs for e-learning: perspectives of the generation Z. *Korean Journal of Medical Education*, **2024**, 36(4), 389-399. <https://doi.org/10.3946/kjme.2024.312>
15. Ashraf M A, Khan M N, Chohan S R, Khan M, Rafique W, Farid M F, Khan A U. Social media improves students' academic performance: exploring the role of social media adoption in the open learning environment among international medical students in china. *Healthcare (Switzerland)*, **2021**, 9(10). <https://doi.org/10.3390/healthcare9101272>
16. Wang C X, Kale N, Miskimin C, Mulcahey M K. Social media as a tool for engaging medical students interested in orthopaedic surgery. *Orthopedic Reviews*, **2021**, 13(2), 1-9. <https://doi.org/10.52965/001c.24443>
17. Premal Patel. Meeting the Needs of Generation Z in Medical Education. *SGIM Forum*, **2022**, 1. <https://connect.sгим.org/viewdocument/meeting-the-needs-of-generation-z-i>
18. Morales M. BIRADS-Hallazgos por Ecografía. *Instagram*, s. f. <https://www.instagram.com/p/CnwqifxOhYt>
19. Sheth Ashoka R. Malignant (cancerous) breast mass. *Instagram*, s. f. <https://www.instagram.com/reel/CPIJt-KhFWR>
20. Engel B, Esser M, Bleckwenn M. Piloting a blended-learning concept for integrating evidence-based medicine into the general practice clerkship. *GMS Journal for Medical Education*, **2019**, 36(6), 1-14. <https://doi.org/10.3205/zma001279>

21. He Z, Li H, Lu L, Wang Q, Wu Q, Lu L. The application of blended teaching in medical practical course of clinical skills training. *BMC Medical Education*, **2024**, 24(1), 1-9. <https://doi.org/10.1186/s12909-024-05730-6>
22. García-Castejón G, Camerino O, Castañer M, Manzano-Sánchez D, Jiménez-Parra J F, Valero-Valenzuela A. Implementation of a hybrid educational program between the model of personal and social responsibility (Tpsr) and the teaching games for understanding (tgfu) in physical education and its effects on health: An approach based on mixed methods. *Children*, **2021**, 8(7). <https://doi.org/10.3390/children8070573>
23. Harris A D, McGregor J C, Perencevich E N, Furuno J P, Zhu J, Peterson D E, Finkelstein J. The use and interpretation of quasi-experimental studies in medical informatics. *Journal of the American Medical Informatics Association*, **2006**, 13(1), 16-23. <https://doi.org/10.1197/jamia.M1749>
24. Thomas L. Quasi-Experimental Design | Definition, Types & Examples. *Scribbr*, **2024**, January 22. Retrieved March 10, 2025, from <https://www.scribbr.com/methodology/quasi-experimental-design/>
25. Diehl M, Wahl H W, Freund A. Ecological Validity as a Key Feature of External Validity in Research on Human Development. *Research in Human Development*, **2017**, 14(3), 177-181. <https://doi.org/10.1080/15427609.2017.1340053>
26. Fleisch A F, Mukherjee S K, Biswas S K, Obrycki J F, Ekramullah S M, Arman D M, Islam J, Christiani D C, Mazumdar M M, Chen W J, Davis E M, Stoner J A, Robledo C, Goodman J R, Garwe T, Janitz A E, Xu C, Hwang J, Peck J D, Liu Z Z. HHS Public Access. *Environmental Health Perspectives*, **2021**, 8(1), 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2019.06.027.Experimental>
27. Fishman Elliot K. Social Media for Radiology Education **2025**. *Instagram*, s. f. <https://www.instagram.com/p/DHBKV-jMbS7>
28. Pimentel J L. Some Biases in Likert Scaling Usage and its Correction. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research*, **2019**, 45(1), 183-191. <http://gssrr.org/index.php?journal=JournalOfBasicAndApplied>
29. Yamada T, Minami T, Soni N J, Hiraoka E, Takahashi H, Okubo T, Sato J. Skills acquisition for novice learners after a point-of-care ultrasound course: Does clinical rank matter? *BMC Medical Education*, **2018**, 18(1), 1-8. <https://doi.org/10.1186/s12909-018-1310-3>
30. Felicitas J, Koenig L, Buentzel J, Jung W, Truemper L, Wurm-kuczera I, Wurm-kuczera R I. Using Instagram to Enhance a Hematology and Oncology Teaching Module During the COVID-19 Pandemic: Cross-sectional Study. *JMIR Medical Education*, **2021**, 7(4), 1-7. <https://doi.org/10.2196/30607>
31. Graefen B, Hasanli S, Jabrayilov A, Alakbarova G, Tahmazi K, Gurbanova J, Fazal N. Instagram as a health education tool: Evaluating the effectiveness and quality of medical content on Instagram in Azerbaijan. *medRxiv*, **2023**, 2023.12.03.23299316. <https://doi.org/10.1101/2023.12.03.23299316>
32. Martinelli S M, Isaak R, Canter C, Meltzer-Brody S, Nichols K, Grewe M, Chen F. The Family Experience: A Family-Focused Support Intervention to Enhance Wellness in Undergraduate Medical Education. *Academic Medicine*, **2023**, 98(11S), S180-S181. <https://doi.org/10.1097/acm.0000000000005397>
33. Essig J, Watts M, Beck Dallaghan G L, Gilliland K O. InstaHisto: Utilizing Instagram as a Medium for Disseminating Visual Educational Resources. *Medical Science Educator*, **2020**, 30(3), 1035-1042. <https://doi.org/10.1007/s40670-020-01010-2>

