



**FACUL
TAD DE
CIENCI
AS DE
LA
SALUD
“DR.
ENRIQ
UE
ORTEG
A
MOREI
RA”**

Impacto de la Simulación Virtual Avanzada y Modelos 3D de Bajo Costo en la Adquisición de Habilidades de Broncoscopia en Estudiantes de Medicina de Pregrado

Artículo presentado como requisito para la obtención del título:

MÉDICO

Por la estudiante:

KILLEN HAROLD BRIONES ZAMORA

Bajo la dirección de:

PRYSCILLA MARIA JUDITH DIAZ MORA

**Universidad Espíritu Santo
Carrera de Medicina
Samborondón – Ecuador
Septiembre, 2024**

Impacto de la Simulación Virtual Avanzada y Modelos 3D de Bajo Costo en la Adquisición de Habilidades de Broncoscopia en Estudiantes de Medicina de Pregrado

Impact of Advanced Virtual Simulation and Low-Cost 3D Models on the Acquisition of Bronchoscopy Skills in Undergraduate Medical Students

KILLEN HAROLD BRIONES ZAMORA

killenbz@uees.edu.ec

ORCID 0000-0003-2732-7022

Universidad de Especialidades Espíritu Santo. Samborondón, Ecuador

RESUMEN

La broncoscopia es una habilidad esencial para los especialistas en cuidados intensivos y neumología, utilizada para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades respiratorias. Tradicionalmente, su aprendizaje se ha basado en la práctica con pacientes, presentando desafíos éticos y logísticos. Este estudio compara la efectividad del broncoscopio desechable con el simulador virtual EndoSim en la enseñanza de la broncoscopia. **Objetivo:** Evaluar la efectividad del modelo 3D y del simulador EndoSim en la mejora de habilidades broncoscópicas en estudiantes de medicina. **Método:** Participaron 68 estudiantes de medicina, quienes fueron evaluados antes y después del entrenamiento en ambos dispositivos. Se midieron los tiempos de identificación de segmentos broncopulmonares y se evaluaron variables de conocimiento anatómico y habilidades de navegación. **Resultados:** Los tiempos de identificación mejoraron significativamente en el post-test para ambos dispositivos, con ($p < 0.0001$) en múltiples segmentos. La precisión en la identificación de segmentos difíciles incrementó, alcanzando niveles cercanos al 100% en el post-test. Las mejoras en postura corporal, posición de las manos y seguridad del equipo también fueron significativas, con aumentos del 55.9% al 80.9% en postura correcta, del 16.2% al 79.4% en posición correcta de las manos y del 22.1% al 60.3% en seguridad del equipo. **Conclusiones:** El entrenamiento con el simulador EndoSim y 3D es altamente efectivo para mejorar las habilidades de broncoscopia en estudiantes de medicina, mejorando significativamente tanto la rapidez como la precisión de segmentos broncopulmonares y variables críticas de postura y seguridad del equipo.

Palabras clave: Broncoscopia; Simulación clínica; Educación médica; Modelo 3D; EndoSim

ABSTRACT

Bronchoscopy is an essential skill for specialists in intensive care and pulmonology, used for the diagnosis and treatment of respiratory diseases. Traditionally, its learning has been based on practice with patients, presenting ethical and logistical challenges. This study compares the effectiveness of the disposable bronchoscope with the EndoSim virtual simulator in teaching bronchoscopy. **Objective:** To evaluate the effectiveness of the 3D model and the EndoSim simulator

in improving bronchoscopy skills in medical students. Method: A total of 68 medical students participated, who were assessed before and after training on both devices. The time taken to identify bronchopulmonary segments was measured, and variables of anatomical knowledge and navigation skills were evaluated. Results: Identification times significantly improved in the post-test for both devices, with ($p < 0.0001$) in multiple segments. Accuracy in identifying difficult segments increased, reaching levels close to 100% in the post-test. Improvements in body posture, hand position, and equipment safety were also significant, with increases from 55.9% to 80.9% in correct posture, from 16.2% to 79.4% in correct hand position, and from 22.1% to 60.3% in equipment safety. Conclusions: Training with the EndoSim and 3D simulator is highly effective in improving bronchoscopy skills in medical students, significantly enhancing both the speed and accuracy of bronchopulmonary segment identification, as well as critical variables of posture and equipment safety.

Key words: Bronchoscopy; Clinical simulation; Medical education; 3D model; EndoSim

INTRODUCCIÓN

La broncoscopia es una habilidad indispensable para los especialistas en cuidados intensivos y neumología, esencial para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades respiratorias. Sin embargo, la enseñanza de esta técnica presenta importantes desafíos. Tradicionalmente, el aprendizaje de la broncoscopia se ha basado en la interacción directa con pacientes, lo cual implica consideraciones éticas y limitaciones prácticas, tales como la disponibilidad de casos y la necesidad de supervisión constante (1). La simulación clínica ha emergido como una solución viable, proporcionando un entorno de entrenamiento estandarizado y libre de riesgos (2).

En este contexto, los broncoscopios flexibles reutilizables han sido la norma, pero presentan problemas significativos en entornos educativos debido a sus altos costos de adquisición y mantenimiento, el riesgo de daño con el uso frecuente y las dificultades para el acceso simultáneo de múltiples estudiantes (3). Ante estos desafíos, los broncoscopios de un solo uso, como el Ambu aScope, se presentan como una alternativa prometedora, eliminando la necesidad de esterilización y reduciendo las barreras de recursos e infraestructura (4). El propósito de este estudio es evaluar la efectividad del Ambu aScope como herramienta de enseñanza en comparación con el simulador virtual avanzado Endosim. Se busca determinar si su incorporación en los programas educativos incrementa la calidad y eficiencia del aprendizaje, garantizando una educación médica especializada acorde con los estándares actuales y las innovaciones tecnológicas emergentes (5).

Endosim es una plataforma de simulación virtual avanzada desarrollada diseñada para proporcionar un entorno de entrenamiento altamente realista y modular para diversos procedimientos endoscópicos. Esta plataforma permite a los estudiantes practicar y perfeccionar sus habilidades en un entorno seguro y controlado, mejorando su competencia antes de enfrentarse a escenarios clínicos reales (6). La efectividad del uso de modelos 3D en la simulación de broncoscopias ha sido respaldada por diversos estudios. Por ejemplo, un estudio utilizó modelos impresos en 3D de alta fidelidad del árbol traqueobronquial para el entrenamiento en broncoscopia, demostrando una reducción significativa en los tiempos de procedimiento para los participantes inexpertos. Estos modelos no solo ofrecen ventajas económicas sobre los maniqués fabricados, sino que también proporcionan una precisión anatómica derivada de imágenes de tomografía computarizada de pacientes, facilitando un entrenamiento más realista y eficiente (7)

Los modelos impresos en 3D se han validado como herramientas de entrenamiento efectivas en bronoscopias pediátricas. Un estudio específico utilizó un modelo impreso en 3D del árbol traqueobronquial de una niña de un año para entrenar a médicos en broncoscopia pediátrica. Este modelo mostró una alta durabilidad y realismo anatómico, permitiendo realizar casi 30 procedimientos sin pérdida significativa de calidad durante un año (8). Además, otro estudio destacó la utilidad de modelos 3D en la enseñanza de broncoscopia, donde los participantes mostraron una mejora en la precisión anatómica y una reducción en el tiempo de los procedimientos después de entrenar con estos modelos. Los beneficios incluyen costos reducidos y la capacidad de reproducir diversas patologías para un entrenamiento más integral (9) Estos estudios subrayan que los modelos 3D representan una herramienta valiosa para la educación y entrenamiento en broncoscopia, proporcionando una alternativa económica y eficiente que mejora la precisión y habilidad de los médicos en formación.

En resumen, la incorporación de tecnologías de simulación avanzadas como el Endosim y los modelos 3D impresos en la enseñanza de la broncoscopia ofrece una solución efectiva para superar las limitaciones del aprendizaje tradicional basado en pacientes, mejorando la calidad y seguridad del entrenamiento para los futuros especialistas en neumología y cuidados intensivos. Este estudio pretende proporcionar evidencia sólida sobre la utilidad de los bronoscopios de un solo uso en la enseñanza de broncoscopia, contribuyendo a la optimización de los métodos de formación en las facultades de medicina y asegurando que los futuros médicos reciban una educación de alta calidad y basada en tecnología avanzada (10).

MÉTODO

Metodología

Reclutamiento

Se convocó a los participantes mediante redes sociales, seleccionando a aquellos que cumplieran con los siguientes criterios de inclusión: estudiantes de pregrado de medicina de segundo a quinto año que hubieran aprobado la materia de Anatomía II y no tuvieran experiencia previa en broncoscopia en pacientes reales ni entrenamiento simulado. Se solicitó consentimiento informado para la participación en este estudio antes de realizar el pre-test. De 215 posibles participantes se seleccionaron 68 participantes, a quienes se les proporcionó material didáctico, conocimientos e información en línea de la página Bronchoscopy International (<https://bronchoscopy.org/step-by-step/>), además de folletos, videos y artículos sobre el manejo y uso del bronoscopio.

Modelo Broncopulmonar 3D

Para fabricar el modelo 3D broncopulmonar adaptado a un maniquí, se siguió una logística detallada. Inicialmente, se descargó un archivo DICOM tomográfico de un paciente sano desde un repositorio online. El formato DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) es un estándar utilizado para el almacenamiento y transmisión de imágenes médicas. Este archivo DICOM fue importado al programa 3D Slicer [Computer software]. Version 4.11.0. Available from: <https://www.slicer.org>, una herramienta de software libre diseñada para la visualización y análisis de imágenes médicas. 3D Slicer permite segmentar y reconstruir imágenes tomográficas en modelos tridimensionales precisos, facilitando la creación de representaciones anatómicas detalladas. Una vez realizado el proceso de segmentación en 3D Slicer, el modelo se ajustó a una escala adecuada para su uso práctico en simulaciones. Posteriormente, el archivo digital del modelo escalado se envió a una impresora 3D (**Figura 1**).

Figura 1. Modelo Broncopulmonar 3D

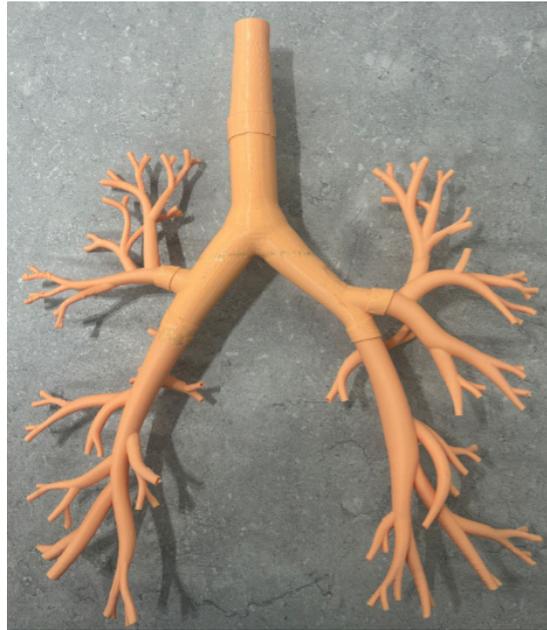


Figura 2. Simulador Virtual Avanzado EndoSim y del Modelo 3D Broncopulmonar Adaptado a Maniquí



Evaluación Pre y Post Test

Los participantes fueron evaluados en dos simuladores, EndoSim [Medical simulator]. Surgical Science. Available from: <https://surgicalseience.com/simulators/endosim/> (Simulación Virtual Avanzada) y Modelo 3D Broncopulmonar, donde se evaluó el tiempo y la precisión en el reconocimiento de cada segmento (**Figura 2**). Se utilizó la escala BSTAT modificada para otorgar una puntuación a la broncoscopia realizada (**Anexo 1**). El tiempo límite para inspeccionar todos los segmentos broncopulmonares fue de 10 minutos. En la evaluación pre-test, los estudiantes realizaron la broncoscopia sin entrenamiento previo, únicamente revisando el material didáctico otorgado. Se brindó entrenamiento durante un periodo de 4 semanas, más una sesión de pre test y otra de post test (total: 6 semanas) con una sesión semanal de 1 hora y 30 minutos, donde se practicó durante 45 minutos en el Endosim y 45 minutos en el modelo broncopulmonar 3D (**Ver Cronograma**). En la evaluación post-test se aplicó la misma metodología de evaluación. (**Ver Tabla 1 currículum de entrenamiento**).

La forma original del BSTAT es una tarjeta de puntuación validada que se usa para evaluar las habilidades de broncoscopia de los estudiantes en una escala de 100 puntos (11). Sin embargo, para el propósito de este estudio, se utilizó una versión truncada del BSTAT, enfocada principalmente en la anatomía de las vías respiratorias y habilidades técnicas básicas. La versión modificada del BSTAT utilizada para la evaluación en este estudio se dividió en dos categorías principales con múltiples subtarefas: conocimientos de la anatomía de las vías respiratorias (identificación de la anatomía del pulmón izquierdo y derecho por segmentos durante la navegación, identificación de tres segmentos respectivos del pulmón izquierdo y derecho a demanda) y habilidades de navegación broncoscópica (postura, posición de las manos y seguridad del equipo, centralización del broncoscopio en el lumen de las vías respiratorias y evitación de traumatismos en las paredes de las vías respiratorias) Ver segmentación broncopulmonar (**Tabla 2**). La herramienta de evaluación BSTAT modificada permitía un máximo de 65 puntos, compuestos por 46 puntos para la sección de conocimientos de anatomía y 19 puntos para la parte de habilidades de navegación broncoscópica (**Anexo 1**).

Tabla 1. Currículum de Entrenamiento Habilidades Broncoscópicas

Entrega de Material Didáctico: Se entregó a los participantes material educativo que cubría las partes del broncoscopio, su uso y las situaciones clínicas en las que se indica la broncoscopia. Este material sirvió como base teórica para el entrenamiento.

Pre-test: Se realizó un pre-test para evaluar el nivel de conocimientos y habilidades iniciales de los participantes, lo que permitió adaptar el contenido del entrenamiento a las necesidades detectadas.

Entrenamiento 1: Se llevó a cabo una explicación presencial de las partes del broncoscopio y de la técnica correcta para su manejo, incluyendo ejercicios prácticos en ambos simuladores. Los participantes practicaron la sujeción e inserción del broncoscopio, así como la exploración de estructuras anatómicas hasta la carina.

Entrenamiento 2: Se revisó y reforzó la técnica de agarre y giro del broncoscopio. Los participantes continuaron con la examinación de la tráquea, carina y la segmentación pulmonar derecha, junto con la nomenclatura anatómica correspondiente.

Entrenamiento 3: Se repasaron nuevamente las técnicas de agarre y giro, y se completó la segmentación pulmonar derecha. Además, se inició la examinación de la segmentación pulmonar izquierda, familiarizando a los participantes con la nomenclatura adecuada.

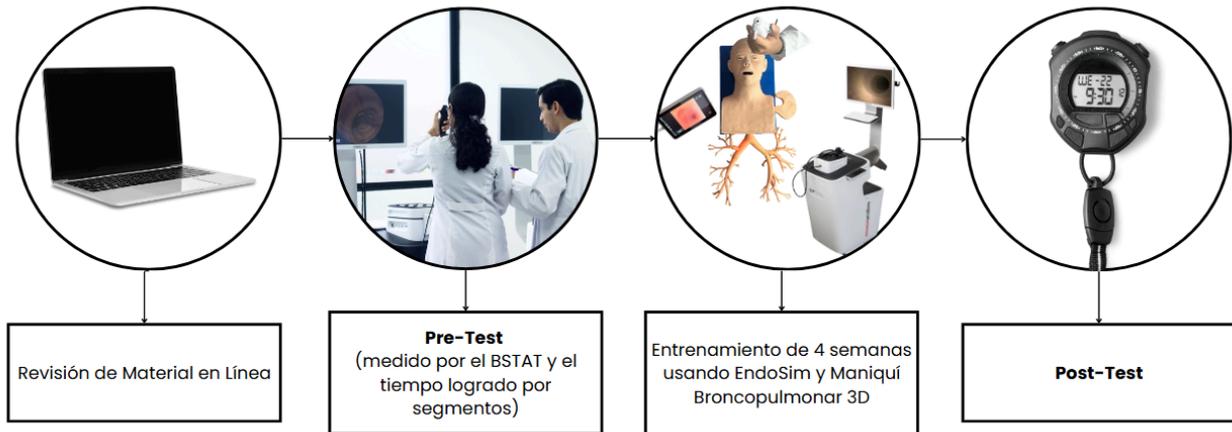
Entrenamiento 4: Los participantes realizaron una examinación completa de la segmentación pulmonar tanto derecha como izquierda, asegurando la comprensión y uso correcto de la nomenclatura anatómica.

Post-test: Al finalizar las sesiones de entrenamiento, se administró un post-test para evaluar los avances logrados en cuanto a conocimientos y habilidades adquiridas durante el programa.

Tabla 2. Segmentación broncopulmonar

Segmento Broncopulmonar derecho	Segmento Broncopulmonar Izquierdo
RB1: Segmento Apical del Lóbulo Superior Derecho	LB1+2: Segmento Apicoposterior del Lóbulo Superior Izquierdo (fusión de los segmentos LB1 y LB2)
RB2: Segmento Posterior del Lóbulo Superior Derecho	LB3: Segmento Anterior del Lóbulo Superior Izquierdo
RB3: Segmento Anterior del Lóbulo Superior Derecho	LB4: Segmento Superior de la Lígula
RB4: Segmento Lateral del Lóbulo Medio Derecho	LB5: Segmento Inferior de la Lígula
RB5: Segmento Medial del Lóbulo Medio Derecho	LB6: Segmento Superior del Lóbulo Inferior Izquierdo
RB6: Segmento Superior del Lóbulo Inferior Derecho	LB8: Segmento Basal Anterior del Lóbulo Inferior Izquierdo
RB7: Segmento Basal Medial del Lóbulo Inferior Derecho	LB9: Segmento Basal Lateral del Lóbulo Inferior Izquierdo
RB8: Segmento Basal Anterior del Lóbulo Inferior Derecho	LB10: Segmento Basal Posterior del Lóbulo Inferior Izquierdo
RB9: Segmento Basal Lateral del Lóbulo Inferior Derecho	<p>A2: Identifica LB8, LB9 y LB10 simultáneamente. Se requiere que los tres segmentos sean abordados correctamente para obtener la puntuación completa</p>
RB10: Segmento Basal Posterior del Lóbulo Inferior Derecho	
<p>A1: Identifica RB4, RB5 y RB6 simultáneamente. Se requiere que los tres segmentos sean abordados correctamente para obtener la puntuación completa</p>	

Cronograma de las fases del entrenamiento en broncoscopia



Adquisición de Conocimientos Cognitivos y Habilidades Técnicas

Para evaluar cuantitativamente la adquisición de conocimientos cognitivos y habilidades técnicas de los participantes, se utilizó la medida de ganancia normalizada promedio de la clase ($\langle g \rangle$). Este indicador mide el aumento combinado de conocimiento de un grupo en relación con la mejora máxima posible alcanzable. Una ganancia normalizada promedio de la clase del 30% o superior se considera indicativa de la efectividad del currículo (12).

La fórmula utilizada para calcular $\langle g \rangle$ es la siguiente:

$$\langle g \rangle = \frac{\text{promedio post-entrenamiento} - \text{promedio pre-entrenamiento}}{100 - \text{promedio pre-entrenamiento}}$$

$$\text{Ganancia Absoluta} = \frac{\text{promedio post-entrenamiento} - \text{promedio pre-entrenamiento}}{\text{puntuación total posible}}$$

$$\text{Ganancia Relativa} = \frac{\text{promedio post-entrenamiento} - \text{promedio pre-entrenamiento}}{\text{promedio pre-entrenamiento}}$$

$$g(\text{ave}) = \frac{\sum_{i=1}^N g_i}{N}$$

Se obtuvieron medidas de tendencia central para todas las variables cuantitativas. Las ganancias absolutas (puntuaciones medias post-entrenamiento menos puntuaciones medias pre-entrenamiento dividido por la

puntuación total posible), las ganancias relativas (ganancia absoluta dividida por la puntuación media pre-entrenamiento), $\langle g \rangle$ (ganancia normalizada) y $g(\text{ave})$ (ganancia promedio) también fueron calculadas. Debido a que las puntuaciones post-entrenamiento podrían ser potencialmente más bajas que las pre-entrenamiento (ganancia normalizada negativa), $g(\text{ave})$ se incluyó en los resultados. Esto esencialmente promedia todas las $\langle g \rangle$, después de reemplazar todas las ganancias negativas con cero y eliminar a los estudiantes respectivos con ganancias negativas.

Recolección y Conversión de Datos

Los tiempos de identificación para cada segmento fueron medidos utilizando un cronómetro y registrados en minutos y segundos. Dado que la mayoría de las mediciones no superaron un minuto, estos tiempos fueron convertidos a segundos utilizando la fórmula estándar de conversión (1 minuto = 60 segundos). Esta conversión se realizó para aumentar la precisión y uniformidad en el análisis, facilitando la comparación y el procesamiento estadístico de los datos. En los casos donde los participantes no completaron la identificación del segmento dentro del tiempo límite establecido de 10 minutos, se imputó un tiempo de 600 segundos. Esta imputación asegura que los datos reflejen adecuadamente la falta de finalización de la tarea, permitiendo una evaluación más precisa de las diferencias en rendimiento entre las intervenciones.

Tamaño Muestral

El cálculo del tamaño muestral para este estudio se basó en los resultados de investigaciones previas que evaluaron el efecto del entrenamiento en broncoscopia mediante simuladores en estudiantes de medicina. En particular, se utilizaron los datos de Vieira, et al 2023 que reportó un cambio significativo en el tiempo de ejecución de la broncoscopia, con una media inicial de 12.0 segundos (SD = 1.1) y una media posterior al entrenamiento de 6.8 segundos (SD = 1.3). La diferencia esperada en el tiempo de ejecución fue de 5.2 segundos. Los estudios anteriores contaron con tamaños muestrales de 60, 54, 48, y 28 participantes respectivamente. Para asegurar un poder estadístico del 80% y un nivel de significancia del 5%, se empleó la fórmula estándar para el cálculo del tamaño muestral en estudios de datos pareados. La desviación estándar combinada de las diferencias entre las mediciones pre y post se estimó en 1.21 segundos. La selección de 68 participantes se justificó por la necesidad de minimizar el riesgo de error tipo II, capturar la variabilidad inherente en el aprendizaje de habilidades broncoscópicas, y asegurar que los hallazgos sean aplicables a una población más amplia. Este tamaño muestral se considera adecuado para detectar mejoras significativas en las variables evaluadas tras la intervención.

Análisis Estadístico

Se realizó un análisis estadístico descriptivo de los datos recopilados. La normalidad de la distribución de los tiempos fue evaluada utilizando la prueba de Shapiro-Wilk, debido a su alta sensibilidad y precisión en la detección de desviaciones de la normalidad, especialmente adecuada para datos de tiempo cortos como los registrados en este estudio. Dependiendo de los resultados de esta prueba, se utilizaron diferentes métodos estadísticos: la prueba t pareada para comparar los tiempos antes y después de la intervención si los datos seguían una distribución normal; la prueba de Wilcoxon en caso de distribuciones no normales para evaluar las diferencias en las medianas; la prueba de McNemar para analizar cambios en variables categóricas antes y después de la intervención; y la prueba de Chi-Cuadrado para evaluar la asociación entre variables categóricas y para comparar los resultados entre los simuladores EndoSim y Modelo 3D, utilizando la prueba exacta de Fisher cuando las frecuencias esperadas eran menores a 5. El análisis estadístico se realizó utilizando MedCalc® Statistical Software version 22.009 (MedCalc Software Ltd, Ostend, Belgium; <https://www.medcalc.org>; 2023), con un nivel de significancia del 5%, considerando significativo un valor p menor a 0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los 68 estudiantes de medicina que participaron en el estudio, la edad promedio fue de 21.18 ± 2.00 años. La distribución según el año académico fue la siguiente: 17 estudiantes (25.0%) estaban en quinto año, 19 estudiantes (27.9%) en cuarto año, 18 estudiantes (26.5%) en segundo año y 14 estudiantes (20.6%) en tercer año. En términos de sexo, 44 participantes (64.7%) eran mujeres y 24 participantes (35.3%) eran hombres, sumando un total de 68 participantes (100.0%).

Tiempos en segundos de Pretest

En el simulador Endosim, los tiempos de identificación de segmentos broncopulmonares durante el pretest fueron los siguientes: Tráquea 32.24 ± 34.05 , Carina 23.93 ± 29.13 , RB1 121.36 ± 113.78 , RB2 30.28 ± 43.53 , RB3 10.78 ± 14.17 , RB4 53.59 ± 46.53 , RB5 13.91 ± 11.77 , RB6 35.84 ± 29.25 , RB7 34.27 ± 20.49 , RB8 18.83 ± 23.52 , RB9 15.43 ± 12.47 , RB10 100 ± 130.77 , LB1+2 65.08 ± 34.42 , LB3 67.44 ± 100.18 , LB4 32.25 ± 9.74 , LB5 15.75 ± 8.02 , LB6 114 ± 134.35 . En los segmentos donde no hubo tiempo registrado, no se documentaron los resultados (**Ver Tabla 3**). En el simulador 3D, los tiempos durante el pre-test fueron los siguientes: Epiglotis 65.53 ± 102.23 , Carina 42.78 ± 47.82 , RB1 122.33 ± 85.90 , RB2 60.77 ± 63.87 , RB3 19.69 ± 25.14 , RB4 64.69 ± 46.07 , RB5 13.21 ± 18.18 , RB6 100.08 ± 75.61 , RB7 40.25 ± 34.09 , RB8 38.88 ± 32.77 , RB9 13 ± 7.62 , RB10 7 ± 6.66 , LB1+2 56 ± 25.46 , LB3 23.

Tabla 3. *Tiempos de Identificación en segundos de Segmentos Broncopulmonares en el Pretest para Simuladores Endosim y Modelo 3D*

Segmento	PreTest Endosim					PreTest Modelo 3D				
	N	Media	Mediana	SD	P valor Normalidad	N	Media	Mediana	SD	P valor Normalidad
Tráquea	68	32.235	24.5	34.0474	<0.0001	66	65.53	30.5	102.229	<0.0001
Carina	68	23.926	17	29.1252	<0.0001	59	42.78	26	47.8208	<0.0001
RB1	59	121.356	74	113.782	<0.0001	46	122.326	98.5	85.8961	0.0007
RB2	53	30.283	17	43.5304	<0.0001	35	60.771	42	63.8749	<0.0001
RB3	51	10.784	6	14.168	<0.0001	29	19.69	12	25.1355	<0.0001
RB4	46	53.587	35	46.5315	<0.0001	26	64.692	58	46.0667	0.0001
RB5	42	13.905	11	11.7739	<0.0001	24	13.208	3.5	18.1802	<0.0001
RB6	37	35.838	26	29.2504	0.0002	12	100.083	70.5	75.6084	0.0933
RB7	33	34.273	34	20.4852	0.0024	8	40.25	32	34.0871	0.0006
RB8	23	18.826	10	23.523	<0.0001	8	38.875	29	32.7738	0.2382
RB9	21	15.429	12	12.4723	0.0009	7	13	11	7.6158	0.8832
RB10	20	100	19.5	130.7682	0.0001	7	7	4	6.6583	0.0248
LB1+2	12	65.083	61.5	34.4237	0.1187	2	56	56	25.4558	-
LB3	9	67.444	20	100.1775	0.0003	1	23	23	-	-
LB4	4	32.25	30	9.7425	0.328	0				
LB5	4	15.75	14	8.0156	0.3588	0				
LB6	2	114	114	134.3503	-	0				
LB8	0					0				
LB9	0					0				
LB10	0					0				
A1	0					0				
A2	0					0				

Nota: Los valores se expresan en segundos como media \pm desviación estándar (SD). El valor p se obtuvo utilizando la prueba de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de los datos.

En el simulador Endosim, los tiempos de identificación de segmentos broncopulmonares durante el post-test fueron los siguientes: Epiglotis 16 ± 27.25 , Carina 12.53 ± 14.52 , RB1 33.78 ± 57.07 , RB2 9.13 ± 9.16 , RB3 6.47 ± 9.50 , RB4 22.96 ± 20.67 , RB5 6.35 ± 5.66 , RB6 10.77 ± 12.04 , RB7 15.55 ± 12.04 , RB8 7.88 ± 6.70 , RB9 8.92 ± 8.51 , RB10 7.61 ± 5.99 , LB1+2 46.59 ± 41.25 , LB3 9.77 ± 21.26 , LB4 14.05 ± 15.55 , LB5 6.13 ± 6.30 , LB6 16.91 ± 19.21 , LB8 12.04 ± 13.93 , LB9 10.82 ± 13.66 , LB10 5.91 ± 5.32 , A1 60.18 ± 47.93 , A2 41.63 ± 15.59 . En el modelo 3D durante el post-test, los tiempos fueron los siguientes: Epiglotis 16.27 ± 13.43 , Carina 14.12 ± 7.44 , RB1 32.47 ± 34.78 , RB2 13.65 ± 20.45 , RB3 15 ± 22.17 , RB4 36.35 ± 26.29 , RB5 3.25 ± 2.36 , RB6 41.06 ± 58.71 , RB7 22.50 ± 16.92 , RB8 9.58 ± 11.79 , RB9 9.30 ± 5.75 , RB10 3.48 ± 3.27 , LB1+2 65.28 ± 43.90 , LB3 9.50 ± 25.03 , LB4 34.69 ± 33.34 , LB5 7.11 ± 18.11 , LB6 32.67 ± 22.39 , LB8 15.49 ± 11.05 , LB9 7.67 ± 9.14 , LB10 3.90 ± 3.68 , A1 56.33 ± 33.45 , A2 37.89 ± 16.25 (*Ver Tabla 3*)

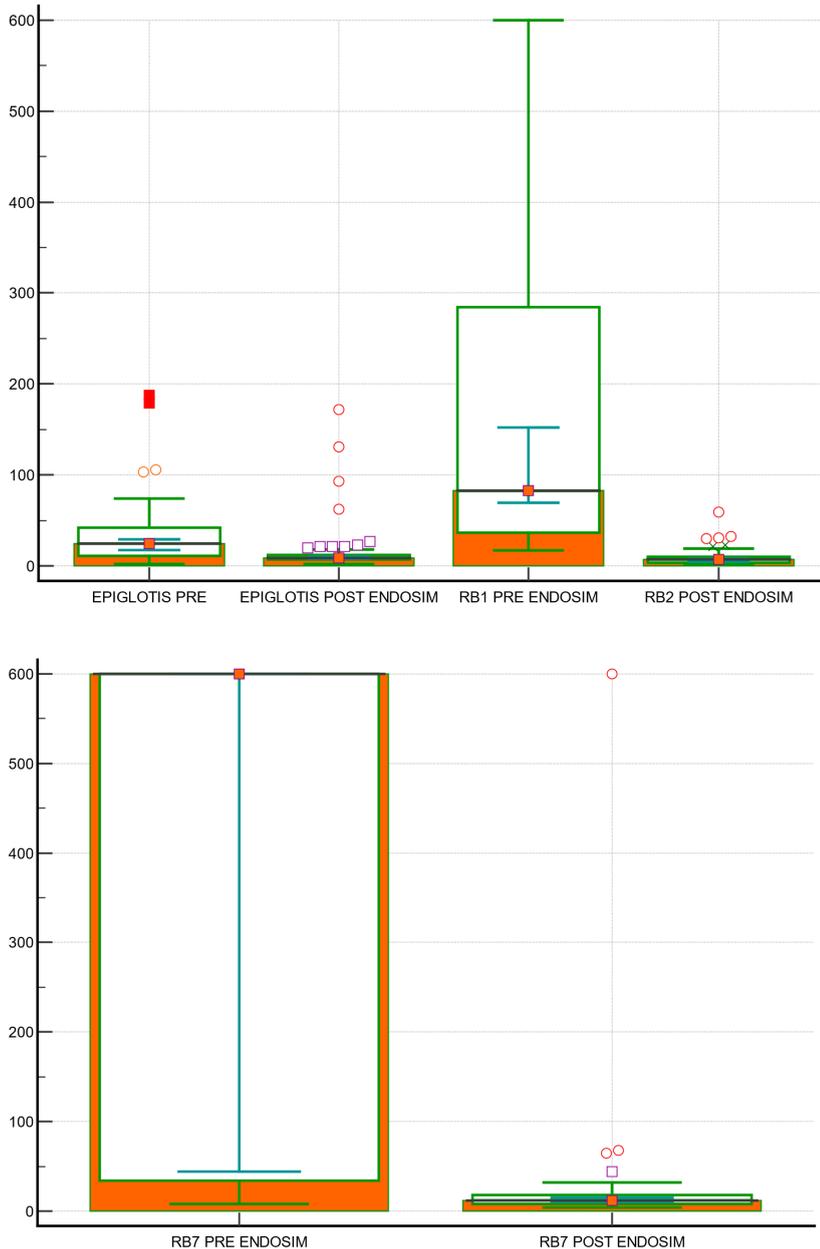
Tabla 3. *Tiempos de Identificación en segundos de Segmentos Broncopulmonares en el Post test para Simuladores Endosim y Modelo 3D*

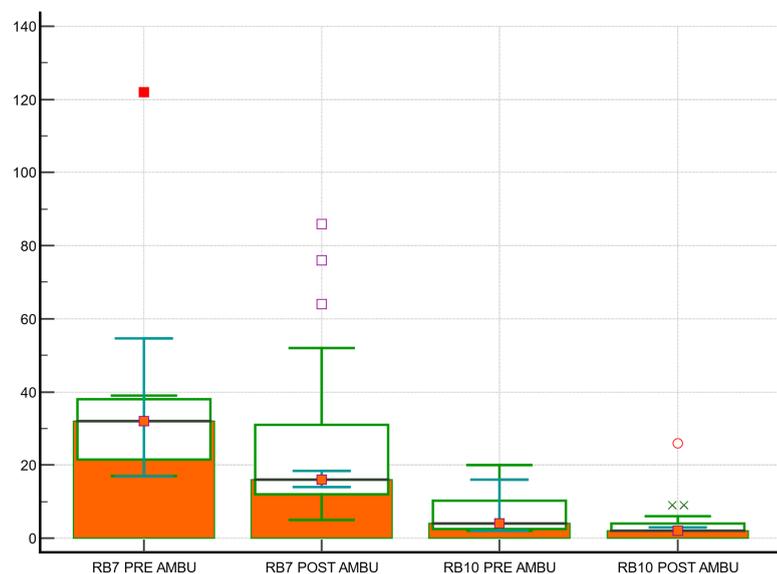
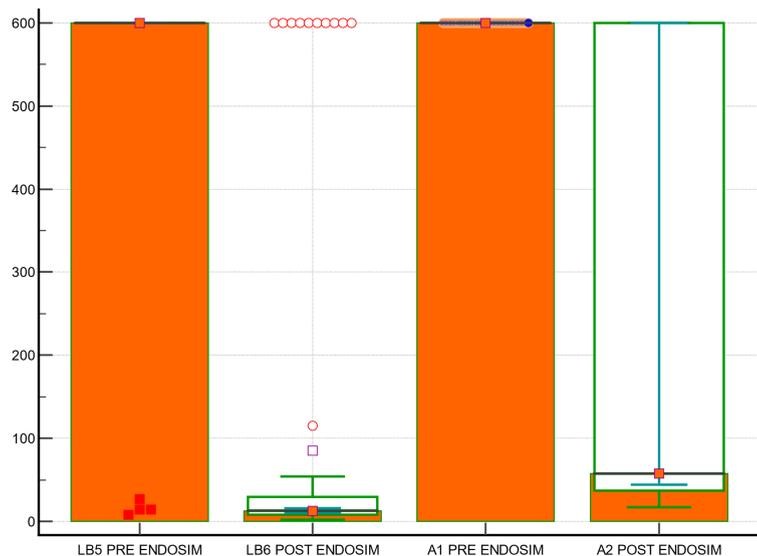
Segmento	Post Test Endosim					Post Test Modelo 3D				
	N	Media	Mediana	SD	P valor Normalidad	N	Media	Mediana	SD	P valor Normalidad
Tráquea	68	16	9	27.2457	<0.0001	68	16.265	12	13.4349	<0.0001
Carina	68	12.529	10	14.5166	<0.0001	68	14.118	14	7.4424	0.0012
RB1	68	33.779	21	57.0697	<0.0001	68	32.471	27	34.7784	<0.0001
RB2	68	9.132	7	9.1585	<0.0001	68	13.647	5	20.4544	<0.0001
RB3	68	6.471	4	9.4986	<0.0001	68	15	4	22.1696	<0.0001
RB4	68	22.956	17.5	20.6748	<0.0001	68	36.353	28.5	26.2893	<0.0001
RB5	68	6.353	4	5.6589	<0.0001	67	3.254	2	2.3635	<0.0001
RB6	68	10.765	7	12.0399	<0.0001	67	41.06	18	58.7132	<0.0001
RB7	67	15.552	12	12.0357	<0.0001	66	22.5	16	16.9154	<0.0001
RB8	67	7.881	6	6.7003	<0.0001	66	9.576	6	11.7893	<0.0001
RB9	66	8.924	7	8.5076	<0.0001	66	9.303	8	5.7458	0.0003
RB10	66	7.606	6	5.992	<0.0001	65	3.477	2	3.2745	<0.0001
LB1+2	61	46.59	38	41.2538	<0.0001	60	65.283	56	43.9044	<0.0001
LB3	61	9.77	4	21.2582	<0.0001	58	9.5	2	25.0328	<0.0001
LB4	61	14.049	9	15.5547	<0.0001	58	34.69	26.5	33.3378	<0.0001
LB5	60	6.133	4	6.299	<0.0001	55	7.109	2	18.1135	<0.0001
LB6	58	16.914	11.5	19.2137	<0.0001	43	32.674	30	22.387	0.0027
LB8	57	12.035	8	13.9309	<0.0001	43	15.488	14	11.0505	0.0001
LB9	56	10.821	8	13.6583	<0.0001	42	7.667	5.5	9.1429	<0.0001
LB10	54	5.907	4	5.3209	<0.0001	41	3.902	2	3.6797	<0.0001
A1	45	60.178	44	47.9272	<0.0001	24	56.333	48.5	33.4478	0.0001
A2	40	41.625	39.5	15.5904	0.0157	18	37.889	35.5	16.2549	0.0017

Nota: Los valores se expresan en segundos como media \pm desviación estándar (SD). El valor p se obtuvo utilizando la prueba de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de los datos.

Para evaluar las diferencias en los tiempos de identificación de segmentos broncopulmonares antes y después del entrenamiento en el simulador Endosim, se utilizó la prueba de Wilcoxon. Los resultados mostraron diferencias significativas en todos los segmentos analizados (<0.0001). Para el modelo 3D los resultados mostraron diferencias significativas en todos los segmentos analizados, indicando una mejora considerable tras el entrenamiento. Los valores p para cada segmento (<0.0001). (Ver Figura 3 y Tabla 4)

Figura 3. Gráfico de Caja y Bigotes de las Diferencias de Segundos entre Pre-Test y Post-Test en el Simuladores Endosim y Modelo 3D





Nota: Gráfico de caja y bigotes muestra las diferencias en los tiempos de identificación de algunos de los segmentos broncopulmonares entre el pre-test y el post-test en Endosim y Modelo 3D. Se pueden observar mejoras significativas en varios segmentos después del entrenamiento.

Tabla 4. Comparación de Segundos Pre y Post Entrenamiento en los Simuladores Endosim y Modelo 3D

Endosim		Modelo 3D	
Segmento	P Value ^a	Segmento	P Value ^a
Tráquea	<0.0001	Tráquea	<0.0001
Carina	<0.0001	Carina	<0.0001
RB1	<0.0001	RB1	<0.0001
RB2	<0.0001	RB2	<0.0001
RB3	<0.0001	RB3	<0.0001
RB4	<0.0001	RB4	<0.0001
RB5	<0.0001	RB5	<0.0001
RB6	<0.0001	RB6	<0.0001
RB7	<0.0001	RB7	<0.0001

RB8	<0.0001	RB8	<0.0001
RB9	<0.0001	RB9	<0.0001
RB10	<0.0001	RB10	<0.0001
LB1+2	<0.0001	LB1+2	<0.0001
LB3	<0.0001	LB3	<0.0001
LB4	<0.0001	LB4	<0.0001
LB5	<0.0001	LB5	<0.0001
LB6	<0.0001	LB6	<0.0001
LB8	<0.0001	LB8	<0.0001
LB9	<0.0001	LB9	<0.0001
LB10	<0.0001	LB10	<0.0001
A1	<0.0001	A1	<0.0001
A2	0.0157	A2	<0.0001

Nota: La tabla presenta los valores p obtenidos de la prueba de Wilcoxon^a, utilizada para comparar los tiempos de identificación de segmentos broncopulmonares antes y después del entrenamiento en los simuladores Endosim y Modelo 3D. Esta prueba se seleccionó debido a la naturaleza no normal de los datos. Todos los segmentos mostraron diferencias significativas ($p < 0.0001$).

Durante el pre-test en el simulador Endosim, la mayoría de los segmentos broncopulmonares presentaron un alto porcentaje de respuestas correctas, siendo del 100% en segmentos como Epiglotis y Carina, y descendiendo en otros segmentos como LB1+2 (19.1% Correcto, 80.9% Incorrecto) y LB10 (0% Correcto, 100% Incorrecto). En el post-test, se observó una mejora significativa en la precisión de la identificación de los segmentos, con muchos segmentos alcanzando el 100% de respuestas correctas. Durante el pre-test en el simulador Modelo 3D, la mayoría de los segmentos broncopulmonares presentaron una baja frecuencia de respuestas correctas, con porcentajes que oscilan desde 2.9% en LB1+2 hasta 97.1% en Tráquea. En el post-test, se observó una mejora significativa en la precisión de la identificación de los segmentos, con muchos segmentos alcanzando el 100% de respuestas correctas. Para una descripción detallada de la frecuencia de respuestas correctas e incorrectas en cada segmento durante el pre-test y el post-test, (**Ver Tabla 5**).

Los resultados mostraron mejoras significativas en la mayoría de los segmentos evaluados. A partir de la tráquea y la carina no hubieron diferencias ya que todos los participantes pudieron completar estos segmentos. El segmento RB1, el porcentaje de respuestas correctas aumentó del 85,30% en el pre-test al 100% en el post-test con un valor $p < 0.0001$. Otros segmentos como RB2, RB3, RB4, RB5, y RB6 también presentaron mejoras significativas con valores $p < 0.0001$. En los segmentos LB1+2, LB3, LB4, LB5, LB6, LB8, LB8, LB10, A1 y A2 también se observaron mejoras significativas con valores $p < 0.0001$. Para la postura corporal, el valor p fue de 0.0023, indicando una mejora significativa del 55.9% correcto en el pre-test al 80.9% correcto en el post-test. La posición de las manos y la seguridad del equipo también mostraron mejoras significativas, con valores $p < 0.0001$. Sin embargo, al mantener el fibroscopio de manera centrada en la vía aérea no mostró una mejora significativa, con un valor p de 0.3075. Por otro lado, los participantes disminuyeron considerablemente el trauma causado en las paredes, demostrando un rendimiento mejorado en el manejo del broncoscopio con un valor p de 0.0005 (**Tabla 5**).

Tabla 4. Resultados del Pre y Post Test en Endosim

Segmento	Pre-Test Correcto	Pre-Test Incorrecto	Post-Test Correcto	Post-Test Incorrecto	P Value ^a
Tráquea	100,00%	0,00%	100,00%	100,00%	-
Carina	100,00%	0,00%	100,00%	100,00%	-
RB1	85,30%	14,70%	100,00%	100,00%	0.0020*
RB2	76,50%	23,50%	100,00%	100,00%	< 0.0001*

RB3	75,00%	23,50%	100,00%	100,00%	< 0.0001*
RB4	69,10%	30,90%	100,00%	100,00%	< 0.0001*
RB5	63,20%	36,80%	100,00%	100,00%	< 0.0001*
RB6	54,40%	45,60%	100,00%	100,00%	< 0.0001*
RB7	48,50%	51,50%	98,50%	1,50%	< 0.0001*
RB8	33,80%	66,20%	98,50%	1,50%	< 0.0001*
RB9	32,40%	97,10%	97,10%	2,90%	< 0.0001*
RB10	30,90%	69,10%	97,10%	2,90%	< 0.0001*
LB1+2	19,10%	80,90%	89,70%	10,30%	< 0.0001*
LB3	14,70%	85,30%	89,70%	10,30%	< 0.0001*
LB4	5,90%	94,10%	89,70%	10,30%	< 0.0001*
LB5	5,90%	94,10%	86,80%	13,20%	< 0.0001*
LB6	4,40%	95,60%	85,30%	14,70%	< 0.0001*
LB8	0,00%	100,00%	82,40%	17,60%	< 0.0001*
LB9	0,00%	100,00%	80,90%	19,10%	< 0.0001*
LB10	0,00%	100,00%	79,40%	20,60%	< 0.0001*
A1	0,00%	100,00%	64,70%	35,30%	< 0.0001*
A2	0,00%	100,00%	57,40%	42,60%	< 0.0001*
Postura Corporal	55.9%	44,10%	80.9%	19,10%	0.0023*
Posición de la manos	16,20%	83,80%	79,40%	20,60%	< 0.0001
Seguridad del Equipo	22.1%	77,90%	60,30%	39,70%	< 0.0001*
Mirada Centrada Via Aerea	57.4%	42,60%	66.2%	33,80%	0.3075
Trauma de Pared	72,10%	27,90%	55.9%	44,10%	0.0005*

Notas: Los valores son expresados en porcentajes de respuestas correctas e incorrectas en cada segmento.

^aEl valor p fue calculado usando la prueba de McNemar para comparar la diferencia en proporciones antes y después del entrenamiento.

Un valor $p < 0.05$ se considera estadísticamente significativo y está marcado con un asterisco (*)

Durante el pre-test en el simulador de Modelo 3D, se observaron diferentes porcentajes de respuestas correctas e incorrectas en los segmentos broncopulmonares evaluados. En segmentos como la Tráquea (97.1% Correcto) y Carina (86.8% Correcto), los participantes tuvieron un rendimiento relativamente alto antes del entrenamiento. Sin embargo, en otros segmentos como LB1+2 (2.9% Correcto) y RB10 (8.8% Correcto), los porcentajes de respuestas correctas fueron significativamente menores. Después del entrenamiento, se observó una mejora significativa en la precisión de la identificación de los segmentos, con muchos alcanzando el 100% de respuestas correctas en el post-test. Por ejemplo, la Tráquea y Carina alcanzaron el 100% de respuestas correctas, mostrando una mejora estadísticamente significativa con valores $p < 0.0001$. Otros segmentos, como RB1, RB2, RB3, y varios más, también mostraron mejoras significativas en la precisión post-test ($p < 0.0001$). Las variables de postura corporal, posición de las manos, seguridad del equipo, centralización del broncoscopio en la vía aérea, y el trauma en las paredes de las vías respiratorias también mostraron mejoras significativas. La postura corporal mejoró del 39.7% al 85.3% ($p < 0.0001$), la posición de las manos del 25.0% al 83.8% ($p < 0.0001$), y la seguridad del equipo del 23.5% al 70.6% ($p < 0.0001$). En cuanto al manejo del broncoscopio en la vía aérea, se observó una mejora del 27.9% al 69.1% ($p < 0.0001$), y una reducción significativa en el trauma en las paredes de las vías respiratorias del 94.1% al 42.6% ($p < 0.0001$) (Ver **Tabla 6**).

Tabla 6. Resultados del Pre y Post Test en Modelo 3D

Segmento	Pre-Test Correcto	Pre-Test Incorrecto	Post-Test Correcto	Post-Test Incorrecto	P Value ^a
Tráquea	97,10%	2,90%	100,00%	0,00%	< 0.0001
Carina	86,80%	13,20%	100,00%	0,00%	< 0.0001
RB1	67,60%	32,40%	100,00%	0,00%	< 0.0001
RB2	51,50%	48,50%	100,00%	0,00%	< 0.0001
RB3	42,60%	57,40%	100,00%	0,00%	< 0.0001
RB4	36,80%	63,20%	100,00%	0,00%	< 0.0001
RB5	30,90%	69,10%	98,50%	1,50%	< 0.0001
RB6	13,20%	86,80%	98,50%	1,50%	< 0.0001
RB7	8,80%	91,20%	97,10%	2,90%	< 0.0001
RB8	8,80%	91,20%	97,10%	2,90%	< 0.0001
RB9	8,80%	91,20%	97,10%	2,90%	< 0.0001
RB10	8,80%	91,20%	95,60%	4,40%	< 0.0001
LB1+2	2,90%	97,10%	88,20%	11,80%	< 0.0001
LB3	1,50%	98,50%	85,30%	14,70%	< 0.0001
LB4	1,50%	98,50%	85,30%	14,70%	< 0.0001
LB5	0,00%	100,00%	82,40%	17,60%	< 0.0001
LB6	0,00%	100,00%	64,70%	35,30%	< 0.0001
LB8	0,00%	100,00%	64,70%	35,30%	< 0.0001
LB9	0,00%	100,00%	64,70%	35,30%	< 0.0001
LB10	0,00%	100,00%	63,20%	36,80%	< 0.0001
A1	0,00%	100,00%	42,60%	57,40%	< 0.0001
A2	0,00%	100,00%	35,30%	64,70%	< 0.0001
Postura Corporal	39,70%	60,30%	85,30%	14,70%	< 0.0001
Posición de la manos	25,00%	75,00%	83,80%	16,20%	< 0.0001
Seguridad del Equipo	23,50%	76,50%	70,6	29,40%	< 0.0001
Mirada Centrada Vía Aérea	27,90%	72,10%	69,10%	30,90%	< 0.0001
Trauma de Pared	94,10%	5,90%	42,60%	57,40%	< 0.0001

Notas: Los valores son expresados en porcentajes de respuestas correctas e incorrectas en cada segmento.

^aEl valor p fue calculado usando la prueba de McNemar para comparar la diferencia en proporciones antes y después del entrenamiento.

Un valor $p < 0.05$ se considera estadísticamente significativo y está marcado con un asterisco (*)

Se realizó la prueba de Mann-Whitney para comparar los segundos entre los simuladores Endosim y Ambu en el pre y post test. Los segmentos que mostraron diferencias significativas en el pre test incluyen Carina ($P < 0.0001$), RB2 ($P = 0.0006$), RB5 ($P = 0.0318$), RB6 ($P = 0.0039$), RB10 ($P = 0.0084$), LB1+2 ($P = 0.0056$), LB3 ($P = 0.0049$), LB4 ($P = 0.0431$), y LB5 ($P = 0.0431$). En el post test, los segmentos con diferencias significativas fueron Epiglotis ($P = 0.0035$), Carina ($P = 0.0049$), RB1 ($P = 0.0131$), RB4 ($P < 0.0001$), RB5 ($P < 0.0001$), RB6 ($P < 0.0001$), RB7 ($P = 0.0026$), RB10 ($P < 0.0001$), LB1+2 ($P < 0.0001$), LB3 ($P = 0.0122$), LB4 ($P < 0.0001$), LB5 ($P = 0.0006$), LB6 ($P < 0.0001$), LB8 ($P = 0.0135$), LB9 ($P = 0.0274$) y LB10 ($P = 0.0001$). Otros segmentos como RB8, RB9, LB6, A1 y A2 no mostraron diferencias significativas en el post test (**Ver Tabla 7**).

Tabla 7. Comparación de Segmentos entre Endosim y Ambu en Pre y Post Test

	Pre Test^a	Post Test^a
Segmento	Valor P	Valor P
Tráquea	0.1364	0,0035
Carina	< 0.0001	0,0049
RB1	0.2624	0,0131
RB2	0.0006	0,5995
RB3	0.1915	0,1902
RB4	0,1030	< 0.0001
RB5	0,0318	< 0.0001
RB6	0,0039	< 0.0001
RB7	0,7795	0,0026
RB8	0,0547	0,4079
RB9	1	0,1795
RB10	0,0084	< 0.0001
LB1+2	0,0056	< 0.0001
LB3	0,0049	0.0122
LB4	0,0431	< 0.0001
LB5	0,0431	0.0006
LB6	0,1558	< 0.0001
LB8	1	0.0135
LB9	1	0.0274
LB10	1	0.0001
A1	1	0.7035
A2	1	0.2070

Nota: La tabla muestra los valores P obtenidos de la prueba de Mann-Whitney^a para comparar los segundos entre los simuladores Endosim y Ambu en el pre y post test. Se consideran significativos los valores P menores a 0.05. Los segmentos que no muestran diferencias significativas se resaltan.

Se realizó una prueba de Chi cuadrado para comparar los segmentos entre los simuladores Endosim y Modelo 3D en el pre test. En el pre test, los segmentos Tráquea y Carina mostraron diferencias significativas con valores p menores a 0.0001. El segmento RB1 también fue significativo con un valor p de 0.0446. Para RB2, se encontró una diferencia significativa con un valor p de 0.0030. Los segmentos RB3, RB4, RB7, RB8, RB9, y RB10 mostraron diferencias significativas con valores p de 0.0169, 0.0107, 0.0148, 0.0117, 0.0092 y 0.0342 respectivamente. En contraste, los segmentos LB1+2, LB3 y LB4 no mostraron diferencias significativas, con valores p de 1 en cada caso. En la postura corporal, la posición de las manos, el manejo del equipo, la mirada centrada y el trauma de la vía aérea entre los simuladores Endosim y Modelo 3D en el pre-test. En la postura corporal, no se encontraron diferencias significativas con un valor p de 0.6514. La posición de las manos tampoco mostró diferencias significativas, con un valor p de 0.8503. El manejo del equipo no presentó diferencias significativas con un valor p de 0.3142. La mirada centrada tampoco mostró diferencias significativas, con un valor p de 0.9555. Sin embargo, el trauma de la vía aérea mostró una diferencia significativa con un valor p de 0.0342, indicando que los participantes causaron menos trauma en las paredes de la vía aérea con el simulador Endosim en comparación con el modelo 3D (**Ver Tabla 8**). Para el post-test. Los resultados indicaron que no hubo diferencias significativas en la identificación correcta de los segmentos Tráquea, Carina, RB1, RB2, RB3 y RB4 entre ambos simuladores, ya que todos los participantes lograron identificar correctamente estos segmentos. Sin embargo, hubo diferencias

significativas en varios otros segmentos. Para RB9, el valor p fue de 0.0001, indicando una diferencia significativa. De manera similar, se observaron diferencias significativas en RB10 ($p = 0.0016$), LB5 ($p = 0.0246$), LB6 ($p < 0.0001$), LB8 ($p < 0.0001$), LB9 ($p < 0.0001$), LB10 ($p < 0.0001$), A1 ($p = 0.0002$) y A2 ($p = 0.0015$). Estos resultados sugieren que los participantes tuvieron más dificultades para identificar correctamente estos segmentos en el modelo 3D comparado con EndoSim. Para una descripción detallada de los resultados, (*Ver Tabla 9*)

Tabla 8. Resultados de la Prueba de Chi Cuadrado para Comparar la Identificación de Segmentos entre Simuladores EndoSim y Modelo 3D en el Pre-Test

Pre test						
Segmento	Simulador	Correcto	Incorrecto	Total	χ^2	Valor P ^a
Tráquea	EndoSim	66 (97.1%)	2 (2.9%)	68 (100.0%)	60.23 5	< 0.0001*
	Modelo 3D	0	0	0		
	Total	66 (97.1%)	2 (2.9%)	68		
Carina	EndoSim	59 (97.1%)	9 (2.9%)	68 (100.0%)	36.76 5	< 0.0001*
	Modelo 3D	0	0	0		
	Total	66 (97.1%)	2 (2.9%)	68		
RB1	EndoSim	42 (72.4%)	16 (27.6%)	58 (85.3%)	4.034	0.0446*
	Modelo 3D	4 (40 %)	6 (60 %)	10 (14.7%)		
	Total	46 (67.6 %)	22 (32.4 %)	68		
RB2	EndoSim	32 (61.5%)	20 (38.5%)	52 (76.5%)	8.836	0.0030*
	Modelo 3D	3 (18.8%)	13 (81.2%)	16 (23.5%)		
	Total	35 (51.5%)	33 (48.5%)	68		
RB3	EndoSim	26 (51.0%)	25 (49.0%)	51 (75.0%)	5.707	0.0169*
	Modelo 3D	3 (17.6%)	14 (82.4%)	17 (25.0%)		
	Total	29 (42.6%)	39 (57.4%)	68		
RB4	EndoSim	23 (48.9%)	24 (51.1%)	47 (69.1%)	6.507	0.0107*
	Modelo 3D	2 (9.5%)	19 (90.5%)	21 (30.9%)		
	Total	25 (36.8%)	43 (63.2%)	68		
RB5	EndoSim	18 (41.9%)	25 (58.1%)	43 (63.2%)		
	Modelo 3D	3 (12.0%)	22 (88.0%)	25 (36.8%)		

	Total	21 (30.9%)	47 (69.1%)	68		0.1658
RB6	EndoSim	7 18.9%	30 81.1%	37 (54.4%)		
	Modelo 3D	2 6.5%	29 93.5%	31 (45.6%)		
	Total	9 (13.2%)	59 (86.8%)	68		1
RB7	EndoSim	5 15.2%	28 84.8%	33 (48.5%)		
	Modelo 3D	1 2.9%	34 97.1%	35 (51.5%)		
	Total	6 (8.8 %)	62 (91.2%)	68		0.0147*
RB8	EndoSim	5 21.7%	18 78.3%	23 (33.8%)		
	Modelo 3D	1 2.2%	44 97.8%	45 (66.2%)		
	Total	6 (8.8%)	62 (91.2%)	68		0.0117*
RB9	EndoSim	5 22.7%	17 77.3%	22 (32.4%)		
	Modelo 3D	1 2.2%	45 97.8%	46 (67.6%)		
	Total	6 (8.8%)	62 (91.2%)	68		0.0092*
RB10	EndoSim	5 23.8%	16 76.2%	21 (30.9%)		
	Modelo 3D	1 2.1%	46 97.9%	47 (69.1%)		
	Total	6 (8.8%)	62 (91.2%)	68		0.0342*
LB1+2	EndoSim	2 15.4%	11 84.6%	13 (19.1%)		
	Modelo 3D	0 0.0%	55 100.0%	55 (80.9%)		
	Total	2 (2.9%)	66 (97.1%)	68		1
LB3	EndoSim	0 0.0%	10 100.0%	10 (14.7%)		
	Modelo 3D	1 1.7%	57 98.3%	58 (85.3%)		
	Total	1 (1.5%)	67 (98.5%)	68		1
LB4	EndoSim	0 0.0%	10 100.0%	10 (14.7%)		
	Modelo 3D	1 1.7%	57 98.3%	58 (85.3%)		

	Total	1 (1.5%)	67 (98.5%)	68		1
LB5	EndoSim					
	Modelo 3D					
	Total					
LB6	EndoSim					
	Modelo 3D					
	Total					
LB8	EndoSim					
	Modelo 3D					
	Total					
LB9	EndoSim					
	Modelo 3D					
	Total					
LB10	EndoSim					
	Modelo 3D					
	Total					
A1	EndoSim					
	Modelo 3D					
	Total					
A2	EndoSim					
	Modelo 3D					
	Total					
	EndoSim					
	Modelo 3D					
	Total					
Postura Corporal	Correcta	16 42.1%	22 57.9%	38 (55.9%)	0.204	0.6514
	Incorrecta	11 36.7%	19 63.3%	30 (44.1%)		
	Total	27 (39.7%)	41 (60.3%)	68		
	Correcta	3 27.3%	8 72.7%			
Posición Manos	Incorrecta	14 24.6%	43 75.4%	11 (16.2%)	0.036	0.8503
	Total	17 (25.0%)	51 (75.0%)	57 (83.8%)		
		17 (25.0%)	51 (75.0%)	68		
Manejo Equipo	Correcta	5 33.3%	10 66.7%	15 (22.1%)	1.013	0.3142
	Incorrecta	11 20.8%	42 79.2%	53 (77.9%)		

	Total	16 (23.5%)	52 (76.5%)	68		
Mirada Centrada	Correcta	11 28.2%	28 71.8%	39 (57.4%)	0.003	0.9555
	Incorrecta	8 27.6%	21 72.4%	29 (42.6%)		
	Total	19 (27.9%)	49 (72.1%)	68		
Trauma Vía Aerea	Choca poca con la pared	45 91.8%	4 8.2%	49 (72.1%)		0.570159077
	Choca la mayoría de veces	19 100.0%	0 0.0%	19 (27.9%)		
		64 (94.1%)	4 (5.9%)	68		

Tabla 9. Resultados de la Prueba de Chi Cuadrado para Comparar la Identificación de Segmentos entre Simuladores EndoSim y Modelo 3D en el Pre-Test

Post test						
Segmento	Simulador	Correcto	Incorrecto	Total	χ^2	Valor P
Tráquea	EndoSim	68	0	68 (100.0%)		No diferencia
	Modelo 3D	0	0			
	Total	68	0	68		
Carina	EndoSim	68	0	68 (100.0%)		No diferencia
	Modelo 3D	0	0			
	Total	68	0	68		
RB1	EndoSim	68	0	68 (100.0%)		No diferencia
	Modelo 3D	0	0			
	Total	68	0	68		
RB2	EndoSim	68	0	68 (100.0%)		No diferencia
	Modelo 3D	0	0			
	Total	68	0	68		
RB3	EndoSim	68	0	68 (100.0%)		No diferencia
	Modelo 3D	0	0			
	Total	68	0	68		
RB4	EndoSim	68	0	68 (100.0%)		No diferencia
	Modelo 3D	0	0			
	Total	68	0	68		
RB5	EndoSim	67 98.5%	1 1.5%	68 (100.0%)		No diferencia
	Modelo 3D	0	0	68		

	Total	67 98.5%	1 1.5%			
RB6	EndoSim	67 98.5%	1 1.5%	68		No diferencia
	Modelo 3D	0	0	68 (100.0%)		
	Total	67 98.5%	1 1.5%	68		
RB7	EndoSim	65 97.0%	2 3.0%	67 (98.5%)	0.030	0.8618
	Modelo 3D	1 100.0%	0 0.0%	1 (1.5%)		
	Total	66 (97.1%)	2 (2.9%)	68	0.030	0.8618
RB8	EndoSim	65 97.0%	2 3.0%	67 (98.5%)		
	Modelo 3D	1 100.0%	0 0.0%	1 (1.5%)		
	Total	66 (97.1%)	2 (2.9%)	68		
RB9	EndoSim	65 98.5%	1 1.5%	66 (97.1%)	15.75 0	0.0001*
	Modelo 3D	1 50.0%	1 50.0%	2 (2.9%)		
	Total	66 (97.1%)	2 (2.9%)	68		
RB10	EndoSim	64 97.0%	2 3.0%	66 (97.1%)	10.00 6	0.0016*
	Modelo 3D	1 50.0%	1 50.0%	2 (2.9%)		
	Total	65 (95.6%)	3 (4.4%)	68		
LB1+2	EndoSim	55 90.2%	6 9.8%	61 (89.7%)	2.092	0.1481
	Modelo 3D	5 71.4%	2 28.6%	7 (10.3%)		
	Total	60 (88.2%)	8 (11.8%)	68	0.204	0.6516
LB3	EndoSim	9 90.0%	1 10.0%	10 (14.7%)		
	Modelo 3D	49 84.5%	9 15.5%	58 (85.3%)		
	Total	58 (85.3%)	10 (14.7%)	68	1.178	0.2777
LB4	EndoSim	53 86.9%	8 13.1%	61 (89.7%)		
	Modelo 3D	5 71.4%	2 28.6%	7 (10.3%)		

	Total	58 (85.3%)	10 (14.7%)	68		
LB5	EndoSim	51 86.4%	8 13.6%	59 (86.8%)	5.050	0.0246*
	Modelo 3D	5 55.6%	4 44.4%	9 (13.2%)		
	Total	56 (82.4%)	12 (17.6%)	68		
LB6	EndoSim	44 75.9%	14 24.1%	58 (85.3%)	21.17 8	< 0.0001*
	Modelo 3D	0 0.0%	10 100.0%	10 (14.7%)		
	Total	44 (64.7%)	24 (35.3%)	68		
LB8	EndoSim	43 76.8%	13 23.2%	56 (82.4%)	19.97 8	< 0.0001*
	Modelo 3D	1 8.3%	11 91.7%	12 (17.6%)		
	Total	44 (64.7%)	24 (35.3%)	68		
LB9	EndoSim	43 78.2%	12 21.8%	55 (80.9%)	22.54 1	< 0.0001*
	Modelo 3D	1 7.7%	12 92.3%	13 (19.1%)		
	Total	44 (64.7%)	24 (35.3%)	68		
LB10	EndoSim	41 75.9%	13 24.1%	54 (79.4%)	17.90 3	< 0.0001*
	Modelo 3D	2 14.3%	12 85.7%	14 (20.6%)		
	Total	43 (63.2%)	25 (36.8%)	68		
A1	EndoSim	26 59.1%	18 40.9%	44 (64.7%)	13.57 9	0.0002*
	Modelo 3D	3 12.5%	21 87.5%	24 (35.3%)		
	Total	29 (42.6%)	39 (57.4%)	68		
A2	EndoSim	20 51.3%	19 48.7%			
	Modelo 3D	4 13.8%	25 86.2%	39 (57.4%)	10.08 5	0.0015*
	Total	24 (35.3%)	44 (64.7%)	29 (42.6%)		
		24 (35.3%)	44 (64.7%)	68		

Postura Corporal	Correcta	16 42.1%	22 57.9%	38 (55.9%)	0.204	0.6514
	Incorrecta	11 36.7%	19 63.3%	30 (44.1%)		
	Total	27 (39.7%)	41 (60.3%)	68		
	Correcta	15 27.8%	39 72.2%	54 (79.4%)	1.063	3.024
Posición Manos	Incorrecta	2 14.3%	12 85.7%	14 (20.6%)		
	Total	17 (25.0%)	51 (75.0%)	68		
Manejo Equipo	Correcta	41 100.0%	0 0.0%	41 (60.3%)	42.39 2	< 0.0001
	Incorrecta	7 25.9%	20 74.1%	27 (39.7%)		
	Total	48 (70.6%)	20 (29.4%)	68		
Mirada Centrada	Correcta	45 100.0%	0 0.0%	45 (66.2%)	58.57 1	< 0.0001
	Incorrecta	2 8.7%	21 91.3%	23 (33.8%)		
	Total	47 (69.1%)	21 (30.9%)	68		
Trauma Vía Aerea	Choca poca con la pared	28 93.3%	2 6.7%	30 (44.1%)		
	Choca la mayoría de veces	1 2.6%	37 97.4%	38 (55.9%)	55.55 8	< 0.0001
		29 (42.6%)	39 (57.4%)	68		

Notas: Total: Total de participantes evaluados en cada segmento.

χ^2 : Valor del estadístico de Chi cuadrado.

^aValor P: Significancia estadística de la prueba de Chi cuadrado.

Se evaluó la efectividad del simulador EndoSim y el modelo 3D broncopulmonar en la enseñanza de habilidades de broncoscopia a estudiantes de medicina utilizando la herramienta de evaluación BSTAT (Bronchoscopy Skills and Task Assessment Tool) (**Tabla 10 y 11**). Los resultados muestran una mejora significativa en el conocimiento de la anatomía bronquial y en las habilidades de navegación en ambos métodos de enseñanza. Para el EndoSim, el conocimiento de la anatomía bronquial mostró una mejora notable, pasando de una media de pre-entrenamiento de 12.382 ± 8.9393 (12.21 ± 8.8908) a una media de post-entrenamiento de 39.618 ± 9.0933 (39.97 ± 8.6812). La ganancia normalizada promedio de la clase (<g>) fue de 31.08%, con una ganancia absoluta del 55.58% y una ganancia relativa del 219%. La puntuación total del BSTAT también mejoró significativamente, con una ganancia normalizada promedio de 40.94%, lo que demuestra la efectividad curricular del simulador. Sin embargo, las habilidades de navegación mostraron una ganancia normalizada menor, de solo 6.20%, indicando que aún hay áreas que requieren mejoras adicionales en el entrenamiento.

En el caso del modelo 3D, el conocimiento de la anatomía bronquial mejoró de manera similar, pasando de una media de pre-entrenamiento de 5.735 ± 6.3519 a una media de post-entrenamiento de 35.250 ± 9.8061 . La ganancia normalizada promedio fue de 31.30%, con una ganancia absoluta del 64.10% y una ganancia relativa del 340%. La puntuación total del BSTAT para el modelo 3D también mostró una mejora significativa, con una ganancia normalizada promedio de 42.70%. Sin embargo, las habilidades de navegación presentaron una ganancia normalizada de solo 9.50%, reflejando desafíos similares a los observados con el EndoSim. Estos resultados subrayan la efectividad del currículo en mejorar el conocimiento anatómico y las habilidades de navegación en los estudiantes, aunque se destaca la necesidad de enfoques adicionales para optimizar las habilidades de navegación, dado que ambas modalidades presentaron ganancias normalizadas inferiores al 30% en esta categoría específica.

Tabla 10. Resultados BSTAT para EndoSim

Categoría BSTAT	Pre-entrenamiento Media \pm SD	Post-entrenamiento Media \pm SD	Ganancia Absoluta (%)	Ganancia Relativa (%)	<g> (ave) (%)	g (ave) Media \pm SD
Conocimiento de Anatomía Bronquial	12.382 \pm 8.9393	39.618 \pm 9.0933	55.58	219	31.08	31.62 \pm 8.6812
Habilidades de Navegación	7.029 \pm 6.289	12.794 \pm 6.8033	30.64	82	6.2	9.60 \pm 5.1989
Puntuación Total del BSTAT	19.412 \pm 13.7648	52.412 \pm 14.6921	50.76	169	40.94	40.18 \pm 14.0975

Notas: La tabla presenta los resultados de BSTAT para EndoSim, tanto en pre-entrenamiento como post-entrenamiento.

Se destacan las mejoras significativas en las habilidades de navegación y el conocimiento de la anatomía.

Los valores de ganancia absoluta, relativa y normalizada se utilizan para evaluar la efectividad del entrenamiento.

La normalidad de la distribución se evaluó utilizando la prueba de Shapiro-Wilk.

Tabla 11. Resultados BSTAT para el Modelo 3D

Categoría BSTAT	Pre-entrenamiento Media \pm SD (%)	Post-entrenamiento Media \pm SD (%)	Ganancia Absoluta (%)	Ganancia Relativa (%)	<g> (ave) (%)	g (ave) Media \pm SD
Conocimiento de Anatomía Bronquial	5.735 \pm 6.3519	35.250 \pm 9.8061	64.10	340	31.08	39.97 \pm 8.6812

Habilidades de Navegación	4.294 ± 4.8038	13.397 ± 6.0400	47.91	211	6.2	15.184 ± 5.1989
Puntuación Total del BSTAT	10.029 ± 8.5692	48.467 ± 13.8540	59.13	384	42.27	42.70 ± 13.8540

Notas: La tabla presenta los resultados de BSTAT para el modelo 3D, tanto en pre-entrenamiento como post-entrenamiento.

Se destacan las mejoras significativas en las habilidades de navegación y el conocimiento de la anatomía.

Los valores de ganancia absoluta, relativa y normalizada se utilizan para evaluar la efectividad del entrenamiento.

La normalidad de la distribución se evaluó utilizando la prueba de Shapiro-Wilk.

Discusión

En este estudio, se evaluó la efectividad de dos tipos de simuladores de broncoscopia: el simulador de bajo costo Ambu y el simulador de alto costo EndoSim. La hipótesis postulada fue que el simulador de bajo costo podría igualar o incluso superar al simulador caro en el entrenamiento de los estudiantes de medicina. Los resultados mostraron que, aunque ambos simuladores fueron efectivos en mejorar las habilidades de broncoscopia, hubo diferencias notables en ciertos aspectos. Utilizando la prueba de Mann-Whitney para comparar los tiempos de identificación de segmentos broncopulmonares entre ambos simuladores en el pre y post test, se encontraron diferencias significativas en varios segmentos. En el pre test, segmentos como la Carina ($P < 0.0001$), RB2 ($P = 0.0006$), RB5 ($P = 0.0318$), RB6 ($P = 0.0039$), RB10 ($P = 0.0084$), LB1+2 ($P = 0.0056$), LB3 ($P = 0.0049$), LB4 ($P = 0.0431$) y LB5 ($P = 0.0431$). En el post test, segmentos como la Tráquea ($P = 0.0035$), Carina ($P = 0.0049$), RB1 ($P = 0.0131$), RB4 ($P < 0.0001$), RB5 ($P < 0.0001$), RB6 ($P < 0.0001$), RB7 ($P = 0.0026$), RB10 ($P < 0.0001$), LB1+2 ($P < 0.0001$), LB3 ($P = 0.0122$), LB4 ($P < 0.0001$), LB5 ($P = 0.0006$), LB6 ($P < 0.0001$), LB8 ($P = 0.0135$), LB9 ($P = 0.0274$) y LB10 ($P = 0.0001$) también mostraron diferencias significativas. Sin embargo, otros segmentos como RB8, RB9, LB6, A1 y A2 no mostraron diferencias significativas en el post test.

Es importante remarcar que, a pesar de las mejoras significativas en varios segmentos, no se observó una mejora significativa en la habilidad de mantener el fibroscopio centrado en la vía aérea en el simulador EndoSim, mientras que en el simulador Ambu sí se observó una mejora en esta habilidad. En comparación con estudios previos, los hallazgos presentan similitudes y diferencias importantes. En un estudio sobre entrenamiento basado en simulación para broncoscopia, donde los participantes asistieron a lecciones en video o clases presenciales, se observó una mejora significativa en el tiempo de ejecución de la broncoscopia (pretest: Media = 12.0, SD = 1.1; post test: Media = 6.8, SD = 1.3), en la precisión en la identificación de segmentos bronquiales (pretest: Media = 1.49, SD = 0.5; post test: Media = 0.88, SD = 0.23) y en el porcentaje de bronquios examinados por minuto (pretest: Media = 6.4, SD = 1.1; post test: Media = 13.4, SD = 2.7) (13). Este estudio también reportó una reducción en el número de colisiones con la pared bronquial (pretest: Media = 76.1, SD = 12.4; post test: Media = 88.1, SD = 8.1) y en el tiempo de enrojecimiento (pretest: Media = 34.3, SD = 14.6; post test: Media = 15.7, SD = 3.5) (14). Estos resultados son comparables a los obtenidos en nuestro estudio con el simulador Ambu, que mostró mejoras en la postura y la seguridad del equipo.

Otro estudio que comparó la guía de un tutor con la guía de un simulador encontró que ambos métodos mejoraron las habilidades de navegación (% tiempo en el lumen medio: pretest: Media = 44.04, SD = 12.66; post test: Media = 37.63, SD = 12.18) y el conocimiento anatómico de los estudiantes (segmentos correctamente identificados en el 1er intento: pretest: Media = 4.38, SD = 1.77; post test: Media = 12.04, SD = 5.13) (15). Sin embargo, el grupo guiado por el tutor mostró una mejora más significativa en la identificación correcta de segmentos en el primer intento (14). Estos resultados se alinean con las

observaciones de que el simulador de bajo costo Ambu puede ser igualmente efectivo en ciertos aspectos del entrenamiento de broncoscopia. Un estudio adicional evaluó un sistema de guía para el entrenamiento en broncoscopia y reportó mejoras en la eficiencia y precisión del procedimiento (15). Aunque este estudio no incluyó un sistema de guía específico, los resultados sugieren que la orientación y el feedback durante el entrenamiento pueden ser factores cruciales para el éxito, independientemente del costo del simulador.

En la comparación de los resultados del BSTAT obtenidos en este estudio con los reportados en la literatura (16), se observa una tendencia consistente que refuerza la efectividad de los simuladores de broncoscopia en la educación médica. En el presente estudio, tanto el EndoSim como el modelo 3D broncopulmonar adaptado mostraron mejoras significativas en las habilidades de broncoscopia de los participantes. Los resultados del BSTAT para el EndoSim mostraron una ganancia absoluta de 50.76% y una ganancia relativa de 169.00% en la puntuación total del BSTAT, con un $\langle g \rangle$ (ave) de 40.94%. Por su parte, el modelo 3D reportó una ganancia absoluta de 59.13% y una ganancia relativa de 384.00%, con un $\langle g \rangle$ (ave) de 42.27%. Comparando estos resultados con los hallazgos de Gopal, et al 2018, se puede observar que nuestro estudio presenta mayores ganancias relativas y absolutas en ciertas categorías, lo cual sugiere una mayor efectividad curricular del modelo 3D y del EndoSim en comparación con otros métodos evaluados previamente. En particular, la categoría de conocimiento anatómico bronquial mostró una mejora significativa en ambos simuladores, lo cual es consistente con las mejoras reportadas en la literatura, donde se observaron ganancias absolutas de 67.4% y 54.9% en el conocimiento anatómico y la puntuación total del BSTAT, respectivamente.

La principal diferencia radica en las habilidades de navegación, donde las ganancias fueron menores en comparación con las obtenidas en el estudio de Gopal, et al 2018 (16). Sin embargo, la efectividad global del currículo puede considerarse alta, dado que el $\langle g \rangle$ (ave) supera el umbral del 30% en la mayoría de las categorías evaluadas, lo cual indica una sólida retención y adquisición de habilidades por parte de los estudiantes. Esta comparación refuerza la necesidad de integrar simuladores de alta fidelidad como el EndoSim y modelos 3D en los programas de educación médica para optimizar el aprendizaje y la competencia en broncoscopia.

Finalmente, un estudio sobre la retención de habilidades broncoscópicas tras un entrenamiento no estructurado en un modelo de vía aérea de baja fidelidad encontró mejoras significativas en la precisión (pretest: Media = 0.7, SD = 0.455; post test: Media = 1.67, SD = 0.410) y el reconocimiento anatómico (pretest: Media = 0.333, SD = 0.450; post test: Media = 1.5, SD = 0.423) (17). Estos hallazgos respaldan la conclusión de que los simuladores de bajo costo pueden proporcionar un entrenamiento efectivo y mejorar las habilidades prácticas de los estudiantes.

CONCLUSIONES

El presente estudio demuestra que el entrenamiento con simuladores EndoSim y modelos 3D de bajo costo es altamente efectivo para mejorar las habilidades de broncoscopia en estudiantes de medicina. Los resultados muestran una reducción significativa en los tiempos de identificación de segmentos broncopulmonares, especialmente en segmentos como Tráquea, Carina, RB1, RB2 y RB3, con valores de $p < 0.0001$, lo que indica una mejora sustancial en rapidez y precisión tras el entrenamiento.

Además, los segmentos previamente difíciles, como LB1+2 y LB10, alcanzaron una precisión cercana al 100% en el post-test, aumentando no solo la rapidez sino también la exactitud en la identificación anatómica. Las mejoras en variables relacionadas con postura corporal, posición de las manos y seguridad del equipo fueron significativas: la postura correcta incrementó del 55.9% al 80.9%, la posición de las manos mejoró del 16.2% al 79.4%, y la seguridad del equipo del 22.1% al 60.3%, todos con valores de $p < 0.0001$.

El análisis del BSTAT reveló mejoras significativas en competencias de broncoscopia, con una ganancia normalizada promedio de la clase (<g>) superior al 30% para el conocimiento anatómico bronquial y la puntuación total del BSTAT. Sin embargo, las habilidades de navegación mostraron ganancias más modestas, indicando áreas para mayor énfasis en futuros entrenamientos.

En resumen, este estudio destaca la eficacia de los simuladores avanzados como herramientas clave en la educación médica, mejorando significativamente la rapidez, precisión y seguridad en procedimientos broncoscópicos. La implementación de estas tecnologías puede optimizar el aprendizaje y la competencia en broncoscopia, mejorando potencialmente la calidad del cuidado al paciente en el ámbito respiratorio.

REFERENCIAS

1. Colt HG, Crawford SW, Galbraith O 3rd. Virtual reality bronchoscopy simulation: a revolution in procedural training. *Chest*. 2001;120(4):1333-1339.
2. Ost D, DeRosiers A, Britt EJ, Fein AM, Lesser ML, Mehta AC. Assessment of a bronchoscopy simulator. *Am J Respir Crit Care Med*. 2001;164(12):2248-2255.
3. El-Boghdady K, Mouritsen JM, Ehlers L, Kovaleva J, Ahmad I. Cost analysis of reusable vs. single-use flexible bronchoscopes: a reply. *Anaesthesia*. 2020;75(5):696-697. doi:10.1111/anae.15005
4. Barron SP, Kennedy MP. Single-Use (Disposable) Flexible Bronchoscopes: The Future of Bronchoscopy. *Adv Ther*. 2020;37(11):4538-4548. doi:10.1007/s12325-020-01495-8
5. Reynolds S, Zurba J, Duggan L. A single-centre case series assessing the Ambu(®) aScope™ 2 for percutaneous tracheostomies: A viable alternative to fiberoptic bronchoscopes. *Can J Respir Ther*. 2015;51(2):43-45.
6. Kristensen MS, Fredensborg BB. The disposable Ambu aScope vs. a conventional flexible videoscope for awake intubation -- a randomised study. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2013;57(7):888-895. doi:10.1111/aas.12094
7. Mouritsen, J M et al. "A systematic review and cost effectiveness analysis of reusable vs. single-use flexible bronchoscopes." *Anaesthesia* vol. 75,4 (2020): 529-540. doi:10.1111/anae.14891
8. Blum MG, Powers TW, Sundaresan S. Bronchoscopy simulator effectively prepares junior residents to competently perform basic clinical bronchoscopy. *Ann Thorac Surg*. 2004;78(1):287-291. doi: 10.1016/j.athoracsur.2003.11.058
9. Zendejas B, Brydges R, Hamstra SJ, Cook DA. State of the evidence on simulation-based training for laparoscopic surgery: a systematic review. *Ann Surg*. 2013;257(4):586-593. doi:10.1097/SLA.0b013e318288c40b

10. Du Rand IA, Blaikley J, Booton R, et al. Summary of the British Thoracic Society guideline for diagnostic flexible bronchoscopy in adults. *Thorax*. 2013;68(8):786-787. doi:10.1136/thoraxjnl-2013-203629
11. The Bronchoscopy Skills and Tasks Assessment Tool (BSTAT). Bronchoscopy Education Project - Assessment Tools. Bronchoscopy International. Available from: <https://www.bronchoscopy.org/wp-content/uploads/Bronchoscopy-Education-Project-Assessment-Tools.pdf>.
12. Colt HG, Davoudi M, Murgu S, Zamanian Rohani N. Measuring learning gain during a one-day introductory bronchoscopy course. *Surg Endosc Other Interv Tech* 2011;25:207–16.
13. Vieira, Lais M N et al. “Simulation-based bronchoscopy training: Randomized trial comparing worked example to video introduction.” *Pediatric pulmonology* vol. 58,11 (2023): 3227-3234. doi:10.1002/ppul.26648
14. Schertel, Anke et al. “Man or machine? Impact of tutor-guided versus simulator-guided short-time bronchoscopy training on students learning outcomes.” *BMC medical education* vol. 21,1 123. 22 Feb. 2021, doi:10.1186/s12909-021-02526-w
15. Follmann, Andreas et al. “Evaluation of a bronchoscopy guidance system for bronchoscopy training, a randomized controlled trial.” *BMC medical education* vol. 19,1 430. 21 Nov. 2019, doi:10.1186/s12909-019-1824-3
16. Gopal, Mallika et al. “Bronchoscopy Simulation Training as a Tool in Medical School Education.” *The Annals of thoracic surgery* vol. 106,1 (2018): 280-286. doi:10.1016/j.athoracsur.2018.02.011
17. Feng, David B et al. “Learning Gain and Skill Retention Following Unstructured Bronchoscopy Simulation in a Low-fidelity Airway Model.” *Journal of bronchology & interventional pulmonology* vol. 27,4 (2020): 280-285. doi:10.1097/LBR.0000000000000664

8. Anexos

Anexo 1. Escala Modificada de Evaluación Broncoscopia para estudiantes de pregrado

Modified Bronchoscopy Skills and Tasks Assessment Tool evaluation checklist

Educational Item Items 1-10 each scored separately	Satisfactory Yes/No
1. Identification of Right sided anatomy (2 points each, target 20 points) <input type="checkbox"/> RB1 apical <input type="checkbox"/> RB2 posterior <input type="checkbox"/> RB3 anterior <input type="checkbox"/> RB4 lateral <input type="checkbox"/> RB5 medial <input type="checkbox"/> RB6 superior <input type="checkbox"/> RB7 mediobasal <input type="checkbox"/> RB8 anterobasal <input type="checkbox"/> RB9 laterobasal <input type="checkbox"/> RB10 posterobasal	Yes / No Score ____/20
2. Identification of Left sided anatomy (2 points each, target 16 points) <input type="checkbox"/> LB1+2 apical/posterior <input type="checkbox"/> LB3 anterior <input type="checkbox"/> LB4 superior <input type="checkbox"/> LB5 inferior <input type="checkbox"/> LB6 superior <input type="checkbox"/> LB8 anterobasal <input type="checkbox"/> LB9 laterobasal <input type="checkbox"/> LB10 posterobasal	Yes / No Score ____/16
3. Identify and enter RB 4+5+6 on demand (All three segments must be entered to earn 5 points, no partial points given, target 5 points) <input type="checkbox"/> RB 4+5+6	Yes / No Score ____/5
4. Identify and enter LB 8+9+10 on demand (All three segments must be entered to earn 5 points, no partial points given, target 5 points) <input type="checkbox"/> LB 8+9+10	Yes / No Score ____/5
5. Posture/Hand positions/Equipment safety (3 points each, target 9 points) <input type="checkbox"/> Body posture <input type="checkbox"/> Hand positions <input type="checkbox"/> Equipment handling	Yes / No Score ____/9
6. Scope centered and kept in midline (5 points, no partial points given) <input type="checkbox"/> Scope centered in airway lumen	Yes / No Score ____/5
7. Airway wall trauma avoided (5 points, no partial points given) <input type="checkbox"/> Airway wall trauma avoided	Yes / No Score ____/5