



# Estudio piloto de un programa estructurado de simulación laparoscópica para nefrectomía parcial y pieloplastia en la formación urológica

## *Pilot study of a structured laparoscopic simulation program for partial nephrectomy and pyeloplasty in urology training*

Enzo Castiglioni-del Rio,<sup>\*,‡</sup> María Inés Gaete-Dañobeitia,<sup>\*,‡</sup>  
Michelle Grunauer-Paladines,<sup>\*,‡</sup> Julián Varas-Cohen,<sup>\*,‡,§</sup> Gastón Astroza-Eulufi<sup>\*,¶</sup>

### Palabras clave:

simulación  
laparoscópica,  
nefrectomía parcial,  
pieloplastia,  
educación quirúrgica.

### Keywords:

laparoscopic  
simulation, partial  
nephrectomy,  
pyeloplasty, surgical  
education.

### RESUMEN

**Introducción:** la nefrectomía parcial y la pieloplastia laparoscópicas tienen curvas de aprendizaje prolongadas y escasa exposición durante la formación. La simulación podría acortar esta curva y mejorar la seguridad. El objetivo de este estudio fue evaluar la factibilidad y el impacto educativo de un programa de simulación laparoscópica de 10 sesiones en ambos procedimientos. **Material y métodos:** estudio piloto cuasi-experimental en un centro de simulación. Diez urólogos realizaron 10 sesiones por procedimiento en modelos laparoscópicos de tejido *ex vivo*. Se registró tiempo operatorio por intento, puntaje global OSATS (cinco ítems, 25 puntos) pre- y postprocedimiento, errores de filtración y permeabilidad. Se usaron modelos mixtos para tiempo, prueba de Wilcoxon para OSATS y modelos logísticos mixtos para errores. **Resultados:** la mediana del tiempo operatorio bajó de 25.5 a 12.0 minutos en nefrectomía parcial y de 34.5 a 20.0 minutos en pieloplastia. La mediana OSATS aumentó de 15 a 25 puntos ( $p < 0.001$ ). La filtración fue frecuente al inicio y disminuyó marcadamente, con permeabilidad alta y estable. **Conclusiones:** un programa estructurado de 10 sesiones de simulación laparoscópica en nefrectomía parcial y pieloplastia es factible y se asocia a mejoras relevantes en eficiencia, competencia técnica y reducción de errores críticos en simulación, lo que apoya su incorporación en currículos de formación urológica.

### ABSTRACT

**Introduction:** laparoscopic partial nephrectomy and pyeloplasty have prolonged learning curves and limited exposure during training. Simulation-based training may shorten this curve and improve safety. The aim of this study was to evaluate the feasibility and educational impact of a 10-session laparoscopic simulation program for both procedures. **Material and methods:** quasi-experimental pilot study in a simulation centre. Ten urologists completed 10 sessions per procedure using *ex-vivo* tissue laparoscopic models. Total operative time was recorded for each attempt; OSATS global score (five items, 25 points) was measured before and after the programme, and anastomotic leakage and impaired patency were recorded as critical errors. Linear mixed models were used for time, Wilcoxon signed-rank test for OSATS, and logistic mixed-effects models for errors. **Results:** median operative time decreased from 25.5 to 12.0 minutes for partial nephrectomy and from 34.5 to 20.0 minutes for pyeloplasty. Median OSATS increased from 15 to 25 points ( $p < 0.001$ ). Leakage was frequent in early sessions and decreased markedly over the programme, while patency remained high and stable. **Conclusions:** a structured 10-session laparoscopic simulation programme in partial nephrectomy and pyeloplasty is feasible and is associated with improvements in efficiency, technical performance and reduction of critical errors, supporting its integration into urological training curricula.

## INTRODUCCIÓN

Los procedimientos laparoscópicos urológicos como la nefrectomía parcial y la pieloplastia exigen habilidades técnicas finas, coordinación

bimanual y toma de decisiones en un campo visual restringido. La adquisición de estas competencias directamente desde el quirófano se ve cada vez más limitada por la disponibilidad de casos, las restricciones de tiempo y la necesidad

\* Facultad de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile, Red de Salud UC-Christus. Santiago, Chile.

‡ Centro de Simulación y Cirugía Experimental.

§ Departamento de Cirugía Digestiva.

¶ Departamento de Urología.

Recibido: 09/10/2025

Aceptado: 11/12/2025

doi: 10.35366/122067

**Citar como:** Castiglioni-del Rio E, Gaete-Dañobeitia MI, Grunauer-Paladines M, Varas-Cohen J, Astroza-Eulufi G. Estudio piloto de un programa estructurado de simulación laparoscópica para nefrectomía parcial y pieloplastia en la formación urológica. Rev Latinoam Simul Clin. 2025; 7 (3): 92-97. <https://dx.doi.org/10.35366/122067>



de garantizar la seguridad del paciente. En este escenario, la simulación se ha consolidado como una herramienta central para desplazar parte de la curva de aprendizaje fuera del quirófano y permitir la práctica deliberada en un entorno controlado y seguro.<sup>1,2</sup>

En laparoscopia urológica existe una oferta creciente de modelos físicos y virtuales para procedimientos reconstructivos, en particular para nefrectomía parcial y pieloplastia. Diversos grupos han descrito modelos de alta fidelidad para la anastomosis ureteropiélica, desarrollados tanto en tejidos animales como en simuladores sintéticos (incluidos modelos impresos en 3D y de bajo costo), con resultados prometedores en términos de realismo percibido y mejora del desempeño tras breves intervenciones de entrenamiento.<sup>3-5</sup> Sin embargo, gran parte de la literatura se centra en la descripción y validación de modelos o en intervenciones de entrenamiento de corta duración, con relativamente pocos estudios que evalúen programas longitudinales integrados al currículo de residentes y que describan curvas de aprendizaje a lo largo de múltiples sesiones. Esta brecha es particularmente evidente en procedimientos urológicos complejos como la nefrectomía parcial mínimamente invasiva.<sup>6,7</sup>

Previamente, en nuestro centro, se desarrolló y validó un programa avanzado de catorce sesiones en cirugía laparoscópica gastrointestinal basado en modelos de tejidos *ex vivo*, el cual demostró transferencia de habilidades al rendimiento operatorio: residentes novatos entrenados con simulación alcanzaron resultados comparables o superiores a los de cirujanos con cinco años de experiencia, sin entrenamiento formal en simuladores.<sup>8,9</sup> Este tipo de resultados ilustra el potencial de la simulación para ir más allá de la práctica aislada en el laboratorio y contribuir de manera progresiva al desempeño en escenarios clínicos, en línea con la noción de simulación como ciencia traslacional descrita por McGaghie.<sup>10</sup>

En el ámbito de la urología, revisiones recientes enfatizan que, para alcanzar este tipo de impacto, no basta con disponer de modelos o de sesiones puntuales de entrenamiento; más allá de la exposición esporádica a simuladores, se requieren programas estructurados que combinen objetivos claros, instrumentos de evaluación válidos y seguimiento explícito de la curva de aprendizaje.<sup>1</sup> En este contexto, el presente estudio piloto tiene como objetivo explorar la factibilidad y el impacto educativo de un programa de simulación laparoscópica de diez sesiones, enfocado

en nefrectomía parcial y pieloplastia, con el fin de contribuir al diseño de futuros programas de simulación urológica con evaluación de transferencia clínica.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio piloto cuasiexperimental de un sólo grupo en el centro de simulación clínica de una universidad chilena. Participaron diez urólogos, quienes completaron el programa de entrenamiento en ambos procedimientos laparoscópicos simulados: nefrectomía parcial y pieloplastia. Cada participante actuó como su propio control a lo largo de las diez sesiones de entrenamiento.

El curso se estructuró en diez sesiones consecutivas por procedimiento, todas realizadas en un simulador laparoscópico estándar con torre, cámara e instrumental convencional, manteniendo el mismo nivel de dificultad en cada sesión, y repitiendo los ejercicios. Se utilizaron modelos físicos de tejido *ex vivo* que reproducían la anatomía renal y la unión pieloureteral, permitiendo la ejecución de todos los pasos reconstructivos clave: resección tumoral y renorrafia en nefrectomía parcial, y resección de la estenosis con anastomosis ureteropiélica en pieloplastia.

En cada sesión, los participantes visualizaron una demostración en video de cada etapa del procedimiento. A continuación, realizaron dos intentos completos de nefrectomía parcial y tres de pieloplastia, bajo la supervisión de instructores con experiencia en simulación laparoscópica y docencia, quienes entregaron retroalimentación estructurada durante la práctica.

El resultado primario fue el tiempo operatorio total por intento, medido en minutos, para cada participante, procedimiento y sesión. Como resultados secundarios, la competencia técnica de ambos procedimientos se evaluó mediante el uso de la escala global OSATS modificada (25 puntos), tanto en la primera como en la última sesión. Asimismo, se registraron dos tipos de errores críticos para los ejercicios, codificados como variables binarias (presencia/ausencia) por intento y sesión: filtración, definida como la presencia de fuga en la prueba de estanqueidad de la línea de sutura, y permeabilidad, entendida como la falla en el paso de solución a través de la anastomosis en la prueba de patencia.

Las variables continuas se describieron con mediana y rango intercuartílico (RIC), y las variables categóricas, con frecuencias absolutas y

porcentajes. Para analizar la evolución del tiempo operatorio, se ajustaron modelos lineales mixtos sobre el logaritmo natural del tiempo por intento, con intercepto aleatorio por participante para incorporar la naturaleza de medidas repetidas. La sesión se modeló como variable continua y se obtuvieron modelos separados por procedimiento. Los coeficientes de la sesión se transformaron y expresaron como cambios porcentuales de

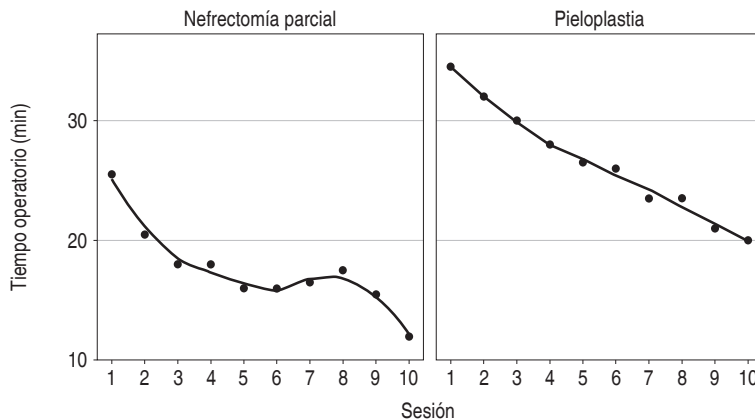


Figura 1: Curvas LOESS de mediana de tiempo por sesión para ambos procedimientos.

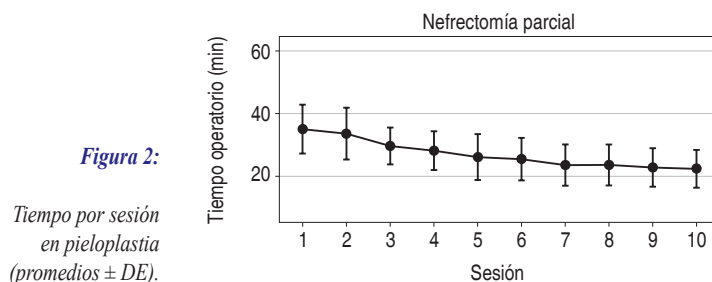


Figura 2:  
Tiempo por sesión  
en pieloplastia  
(promedios ± DE).

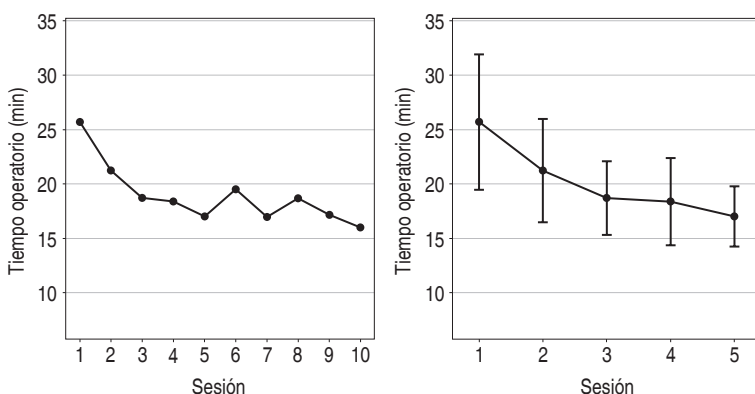


Figura 3: Tiempo por sesión en nefrectomía (promedios sesión 1-10 a derecha, promedios ± DE, sesión 1-5).

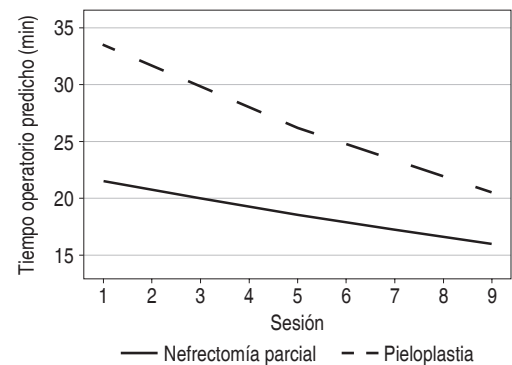


Figura 4: Curva de aprendizaje del modelo mixto.

tiempo por sesión, con intervalos de confianza del 95% (IC95%).

Los puntajes OSATS pre- y postprocedimiento se compararon mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para datos pareados. Los errores binarios de filtración y permeabilidad se analizaron mediante modelos lineales generalizados mixtos con enlace *logit*, intercepto aleatorio por participante y sesión como predictor continuo principal, considerando ambos procedimientos en el modelo. Se exploró también la interacción procedimiento/sesión cuando fue pertinente. Todos los análisis se realizaron mediante el uso del software R y RStudio (*R Foundation for Statistical Computing*). Se consideró estadísticamente significativo un valor de  $p < 0.05$ .

## RESULTADOS

Diez urólogos, tras finalizar un programa validado de 14 sesiones de entrenamiento en habilidades laparoscópicas,<sup>8</sup> completaron posteriormente 10 sesiones de entrenamiento en ambos procedimientos. Todas las sesiones generaron registros completos de tiempo y de errores críticos. Los tiempos operatorios iniciales fueron mayores para la pieloplastia que para la nefrectomía parcial (mediana 34.5 min; RIC 29.8-37.0 vs 25.5 min; RIC 20.0-29.3, respectivamente). Tras las 10 sesiones, la mediana del tiempo por intento disminuyó a 20.0 min (RIC 18.3-27.8) en pieloplastia y a 12.0 min (RIC 12.8-19.3) en nefrectomía parcial, lo que corresponde a una reducción aproximada del 42% y 53%, respectivamente (Figuras 1-3).

El modelo lineal mixto sobre el logaritmo del tiempo confirmó una pendiente descendente significativa en ambos procedimientos. En nefrectomía parcial, cada sesión adicional se asoció a una reducción aproximada del 3.7% en el tiempo

por intento (IC95%  $-4.8$  a  $-2.6\%$ ;  $p < 0.001$ ). En pieloplastia, la disminución fue aún mayor, del orden del  $6.0\%$  por sesión (IC95%  $-6.7$  a  $-5.2\%$ ;  $p < 0.001$ ) (Figura 4).

En paralelo a la reducción del tiempo, el puntaje global OSATS aumentó de manera consistente. Considerando ambos procedimientos, la mediana OSATS pasó de 15 puntos en la evaluación inicial (RIC 15-16) a 25 puntos en ambos procedimientos al finalizar el programa (RIC 24-25). La comparación pre-/postprocedimiento mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para datos pareados fue estadísticamente significativa ( $p < 0.001$ ). Los valores detallados, por procedimiento, se presentan en la Tabla 1.

La filtración fue frecuente al inicio del programa en ambos ejercicios; en pieloplastia, se observó en el  $66.7\%$  de los intentos en la primera sesión y en el  $41.9\%$  de la segunda sesión. A partir de la tercera sesión, la proporción continuó disminuyendo en forma progresiva hasta la sesión 10 (Figura 5). El modelo logístico mixto confirmó esta tendencia descendente, mostrando una reducción significativa en la probabilidad de filtración por sesión, con probabilidades cercanas a 0% hacia el final del programa (Figura 6).

Por otro lado, la permeabilidad presentó baja frecuencia desde el inicio y no mostró cambios estadísticamente significativos. En nefrectomía parcial, la proporción de intentos con permeabilidad correcta fue  $88.9\%$  en la primera sesión,  $91.7\%$  en la segunda sesión y alcanzó  $100\%$  desde la tercera sesión en adelante. En pieloplastia, la permeabilidad correcta fue de  $90.0\%$  en la primera sesión y  $100\%$  en las siguientes sesiones (Figura 7).

## DISCUSIÓN

Este estudio piloto describe la implementación y los resultados de un programa estructurado de simulación laparoscópica en nefrectomía

parcial y pieloplastia dirigido a urólogos, en el que se observó un patrón consistente de mejoría en tres dominios: reducción del tiempo operatorio, mejora de la competencia técnica global (OSATS) y disminución de errores críticos, como es la filtración anastomótica, manteniéndose, al mismo tiempo, tasas altas y estables de permeabilidad. Estos hallazgos respaldan la factibilidad del programa y sugieren un impacto educativo relevante en un grupo de urólogos en proceso de perfeccionamiento en laparoscopia.

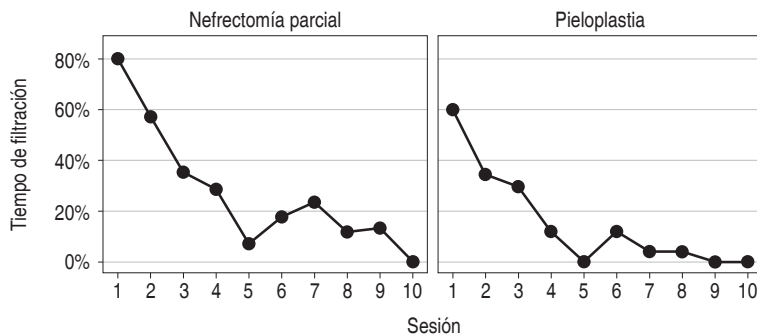
Las curvas de aprendizaje en tiempo operatorio simulado muestran reducciones pronunciadas durante las primeras sesiones, con un descenso promedio cercano al  $4\%$  por sesión en nefrectomía parcial y al  $6\%$  en pieloplastia, y reducciones acumuladas de aproximadamente  $50$  y  $40\%$  en la mediana del tiempo entre la sesión 1 y la 10, respectivamente. Este comportamiento es coherente con lo descrito para otros programas avanzados de laparoscopia, en los que la mayor caída de la curva se concentra en las fases iniciales y, posteriormente, se observa un *plateau* de consolidación. Revisiones sobre entrenamiento laparoscópico señalan que programas estructurados de 10 a 15 sesiones suelen asociarse con descensos importantes en tiempos y errores, particularmente cuando incluyen práctica deliberada y retroalimentación sistemática.<sup>11,12</sup>

En nuestro caso, la magnitud de la mejoría es comparable a la reportada en el programa avanzado de 14 sesiones en cirugía gastrointestinal, con base en un modelo porcino, desarrollado en el Centro de Simulación y Cirugía de la Pontificia Universidad Católica de Chile, donde residentes novatos alcanzaron un rendimiento similar al de cirujanos expertos tras completar el programa de entrenamiento.<sup>8,9</sup> Esto sugiere que la lógica curricular utilizada basada en secuencia progresiva de tareas, alta densidad de práctica y retroalimentación estandarizada,

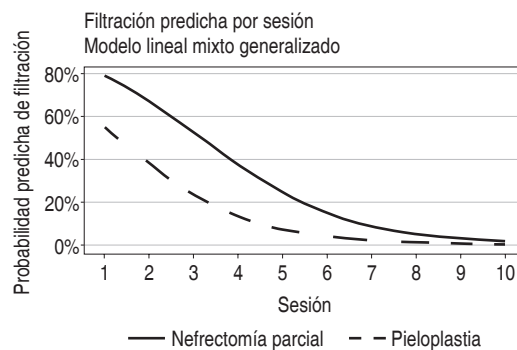
Tabla 1: Resultados OSATS por procedimiento.

	Número de participantes	OSATS preprocedimiento (media $\pm$ DE)	OSATS postprocedimiento (media $\pm$ DE)	$\Delta$	$\Delta \%$	p (Wilcoxon)	r (Wilcoxon)
Nefrectomía parcial	10	16.1 $\pm$ 3.1	24.0 $\pm$ 3.2	7.9	49.1	0.00833	0.87
Pieloplastia	10	16.6 $\pm$ 3.3	24.0 $\pm$ 3.2	7.4	44.6	0.0104	0.87

OSATS = *Objective structured assessment of technical skill*.



**Figura 5:** Filtración observada por sesión para ambos procedimientos.



**Figura 6:** Filtración predicha por sesión para ambos procedimientos.

es homologable a procedimientos urológicos reconstructivos complejos.

En relación con la competencia técnica, el incremento observado en OSATS (mediana de 15 a 25 puntos) corresponde a una mejoría consistente en términos educativos, asociada a un tamaño de efecto elevado. En este contexto, la magnitud del cambio observado apoya que el programa no sólo permitió “acortar tiempos”, sino también mejorar la calidad técnica global de las ejecuciones, coherente con los mejores resultados en filtración y con la estabilidad de la permeabilidad.

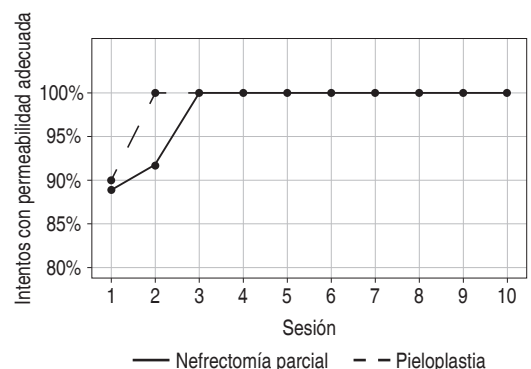
La reducción progresiva de la filtración anastomótica es relevante desde la perspectiva de seguridad técnica. En este estudio, la filtración fue frecuente en las primeras tres sesiones (alrededor de 70-75% de los intentos iniciales) y disminuyó de forma marcada a medida que avanzaba el programa, con probabilidades cercanas a 0% hacia el final, según el modelo logístico mixto. Este patrón sugiere que el programa permite “aplanar” una porción crítica de la curva de aprendizaje de la anastomosis, al menos respecto de este error crítico. Que la permeabilidad no haya mostrado cambios

relevantes probablemente obedece a un buen desempeño inicial (tasas de éxito cercanas al 90% desde la primera sesión) y a la baja ocurrencia de fallas, más que a un efecto nulo del entrenamiento.

Nuestro trabajo se distingue por su estructura longitudinal y por integrar simultáneamente dos procedimientos reconstructivos complejos en un mismo programa de entrenamiento. La mayor parte de los estudios publicados se concentran en la construcción y validación de modelos, con un número limitado de repeticiones por participante y desenlaces centrados en realismo percibido, factibilidad y mejoría de desempeño en el corto plazo.<sup>1</sup> Actualmente, siguen siendo escasos los programas curriculares extensos con evaluación longitudinal, y muy pocos incluyen métricas robustas de transferencia clínica. En este sentido, nuestro estudio piloto aporta un primer conjunto de datos longitudinales sobre curvas de aprendizaje en nefrectomía parcial y pieloplastia dentro de un programa estructurado, en un contexto latinoamericano.

Desde la perspectiva del modelo de Kirkpatrick, nuestros resultados aportan principalmente evidencia de nivel 2 (aprendizaje), al demostrar mejoras objetivas en el desempeño técnico de los participantes. Aunque la percepción de los participantes (nivel 1) no fue un objetivo principal de este estudio, experiencias previas con programas avanzados de simulación sugieren una alta aceptabilidad de currículos estructurados de este modo.<sup>8,9</sup> Este trabajo no aporta datos directos referente a los niveles 3 y 4 (transferencia al desempeño clínico y resultados en pacientes).

Este estudio presenta limitaciones que deben considerarse al interpretar los resultados. En primer lugar, se trata de una cohorte pequeña, sin comparación con un grupo control, lo que



**Figura 7:** Permeabilidad observada por sesión para ambos procedimientos.



restringe la inferencia causal y la generalización de los hallazgos. En segundo lugar, el seguimiento se limitó a las 10 sesiones del programa, sin evaluaciones sobre la retención a mediano plazo, de modo que se desconoce la durabilidad de las habilidades adquiridas. Por otro lado, los desenlaces evaluados corresponden exclusivamente al desempeño en un entorno simulado, por lo que cualquier extrapolación al impacto clínico debe hacerse con precaución.

Pese a estas limitaciones, el programa aporta información útil para el diseño de futuros programas de simulación en urología laparoscópica. Los resultados sugieren que un número acotado de 10 sesiones por procedimiento puede ser suficiente para lograr mejoras sustantivas en técnica quirúrgica y competencia técnica, particularmente cuando se combinan práctica deliberada, retroalimentación estructurada y evaluación objetiva. La inclusión sistemática de la filtración como desenlace de seguridad aporta una dimensión explícita de calidad que podría incorporarse a otros programas.

## CONCLUSIÓN

En conjunto, estos hallazgos apoyan la expansión de programas avanzados de simulación en urología a las distintas mallas curriculares, idealmente integrados a esquemas de formación basada en competencias, y proporcionan una base empírica para desarrollar estudios que, posteriormente, evalúen la transferencia de estas habilidades al pabellón quirúrgico y su eventual impacto en los resultados clínicos de los pacientes.

## REFERENCIAS

1. Singh AG. Simulation-based training in laparoscopic urology: pros and cons. *Indian J Urol.* 2018; 34 (4): 245-253.
2. Kozan AA, Chan LH, Biyani CS. Current status of simulation training in urology: a non-systematic review. *Res Rep Urol.* 2020; 12: 111-128.
3. Lima J, Rocha H, Mesquita F, Araújo D, Silveira R, Borges G. Simulated training model of ureteropyelic anastomosis in laparoscopic pyeloplasty. *Acta Cir Bras.* 2020; 35 (11): e351108.
4. Cabarcas Maciá L, Marmolejo Franco F, Siu Uribe A, Palomares Garzón C, Rojo Díez R. Pilot study for low-cost model validation in laparoscopic pediatric pyeloplasty simulation. *Cir Pediatr.* 2022; 35 (3): 141-145.
5. Correa-Restrepo J, Romero-Espitia W, Chams-Anturi A, Mejía-Bueno AM. Development and validation of a laparoscopy simulation model of pyeloplasty for pediatric patients. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A.* 2023; 33 (1): 101-109.
6. Ahmed K, Jawad M, Abboudi M, Gavazzi A, Darzi A, Athanasiou T, et al. Effectiveness of procedural simulation in urology: a systematic review. *J Urol.* 2011; 186 (1): 26-34.
7. Bouchalakis A, Paspalaki E, Ortner G, Somani BK, Mamoulakis C, Biyani CS, et al. Simulation-based training in minimally invasive partial nephrectomy. *Cent Eur J Urol.* 2025; 78 (2): 116-124.
8. Varas J, Mejía R, Riquelme A, Maluenda F, Buckel E, Salinas J, et al. Significant transfer of surgical skills obtained with an advanced laparoscopic training program to a laparoscopic jejunojejunostomy in a live porcine model: feasibility of learning advanced laparoscopy in a general surgery residency. *Surg Endosc.* 2012; 26 (12): 3486-3494.
9. Boza C, León F, Buckel E, Riquelme A, Crovari F, Martínez J, et al. Simulation-trained junior residents perform better than general surgeons on advanced laparoscopic cases. *Surg Endosc.* 2017; 31 (1): 135-141.
10. McGaghie WC. Medical education research as translational science. *Sci Transl Med.* 2010; 2(19): 19cm8.
11. Brian R, Davis G, Park KM, Alseidi A. Evolution of laparoscopic education and the laparoscopic learning curve: a review of the literature. *Laparosc Surg.* 2022; 6: 34.
12. Shah S, Aydin A, Fisher R, Ahmed K, Froghi S, Dasgupta P. Current status of simulation-based training tools in general surgery: a systematic review. *Int J Surg Open.* 2022; 38: 100427.

### Correspondencia:

Gastón Astroza Eulufi

E-mail: gaeulufi@gmail.com