

ENTRENAMIENTO POR SIMULACIÓN CLÍNICA EN MEDICINA RESPIRATORIA

Editores

Dr. Jorge Salas Hernández

Mtra. Mónica Franco Martínez

Mtro. Miguel Angel Aceves Pacheco

Dr. Moisés Hernández Hernández

Dra. María del Carmen Cano Salas



PERMANYER MÉXICO
www.permayer.com

ENTRENAMIENTO POR **SIMULACIÓN** **CLÍNICA** EN MEDICINA RESPIRATORIA

Editores

Dr. Jorge Salas Hernández

Mtra. Mónica Franco Martínez

Mtro. Miguel Angel Aceves Pacheco

Dr. Moisés Hernández Hernández

Dra. María del Carmen Cano Salas



PERMANYER MÉXICO
www.permayer.com

Imagen de portada:

Diana Beatriz Campos Puebla

*Departamento de Apoyo Técnico en Enseñanza
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México*

Emma Samantha González Benítez

*Oficina de Audiovisual
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México*

Scarlet Cruz Martínez

*Oficina de Audiovisual
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México*

Hilding Beet Barbosa Hermosillo

*Oficina de Audiovisual
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México*

Esta obra se presenta como un servicio a la profesión médica. El contenido de la misma refleja las opiniones, criterios y/o hallazgos propios y conclusiones de los autores, quienes son responsables de las afirmaciones. En esta publicación podrían citarse pautas posológicas distintas a las aprobadas en la Información Para Prescribir (IPP) correspondiente. Algunas de las referencias que, en su caso, se realicen sobre el uso y/o dispensación de los productos farmacéuticos pueden no ser acordes en su totalidad con las aprobadas por las Autoridades Sanitarias competentes, por lo que aconsejamos su consulta. El editor, el patrocinador y el distribuidor de la obra, recomiendan siempre la utilización de los productos de acuerdo con la IPP aprobada por las Autoridades Sanitarias.



PERMANYER

www.permanyer.com

© 2026 Permanyer

Mallorca, 310 – Barcelona (Cataluña), España
permanyer@permanyer.com

© 2026 Permanyer México

Temístocles, 315
Col. Polanco, Del. Miguel Hidalgo
11560 Ciudad de México
mexico@permanyer.com



www.permanyer.com



Impreso en papel totalmente libre de cloro



Este papel cumple los requisitos de ANSI/NISO
Z39.48-1992 (R 1997) (Papel Permanente)

Edición impresa en México

ISBN: 979-13-87774-55-4

Ref.: 10369AMEX241

Reservados todos los derechos

Sin contar con el consentimiento previo por escrito del editor, no podrá reproducirse ninguna parte de esta publicación, ni almacenarse en un soporte recuperable ni transmitirse, de ninguna manera o procedimiento, sea de forma electrónica, mecánica, fotocopando, grabando o cualquier otro modo.

La información que se facilita y las opiniones manifestadas no han implicado que los editores llevaran a cabo ningún tipo de verificación de los resultados, conclusiones y opiniones.

Autores

Miguel Ángel Aceves Pacheco

Centro de Simulación Clínica en Medicina Respiratoria
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Malquiel Betzay Aguazul Ramírez

Servicio de Cuidados Intensivos Respiratorios
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Andrea Alvarado Luna

Sistema de Protección Civil Rojo Capacitación

Cinthia Susana Álvarez Maldonado

Clinica de Pleura
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias,
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Luis Fernando Arana Bolaños

Departamento de Cirugía Torácica
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Luis Joel Arroyo Hernández

Servicio de Broncoscopia
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Alejandra Renata Báez Saldaña

Dirección de Enseñanza
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Rosaura Esperanza Benítez Pérez

Laboratorio de Función Pulmonar
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Francina Valezka Bolaños Morales

Departamento de Cirugía Torácica
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Josué Daniel Gadeza-Aguilar

Departamento de Áreas Críticas
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Said Mishael Calleja Guerreo

Escuela de Enfermería Aurelia Saldierna R.
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

María del Carmen Cano Salas

Servicio de Neumología Pediátrica
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

José Luis Carrillo Alduenda

Servicio de Medicina de Sueño
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Rafael Patricio Castañón Rodríguez

Escuela Superior de Terapia Respiratoria
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Martha Castillo González

Clinica de la Vía Aérea
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Mario Castillo Jiménez

Coordinador de Trauma
Hospital General Universitario de León
León, Guanajuato

Angélica de Jesús Castolo Pérez

Escuela Superior de Terapia Respiratoria
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Edgar Felipe Castro Arellano

Unidad de Terapia Intermedia
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Ariana Cerón Apipilhuasco

Centro Anáhuac de Simulación
Universidad Anáhuac México
Naucalpan de Juárez, Estado de México

Lucía Cruz Abarca

Departamento de Enfermería
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Guillermo Domínguez Cherit

Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud
Tecnológico de Monterrey

Óscar Andryw Estrada Berber

Escuela de Enfermería Aurelia Saldierna R.
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Mónica Franco Martínez

Centro de Simulación Clínica en Medicina Respiratoria
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Diana Elizabeth García Campos

Servicio de Anestesiología y Clínica del Dolor
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Angélica García Gómez

Unidad Académica
Subdivisión de Especializaciones Médicas
Facultad de Medicina
Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad de México

Marcos García Nava

Servicio de Nefrología
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Laura Graciela Gochicoa Rangel

Subdirección de Servicios Auxiliares de Diagnóstico y Paramédicos
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Pablo Gomes-da Silva de Rosenzweig

Departamento de Cirugía Torácica
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Julio César Gómez Penagos

Departamento de Imagenología
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Luis Adrián González Mercado

Unidad de Medicina Crítica Pediátrica
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Esmeralda Gordillo Valdés

Clínica de Pleura
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Carmen Margarita Hernández Cárdenas

Dirección General
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Moisés Hernández Hernández

Departamento de Formación de Posgrado
Dirección de Enseñanza
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Víctor Fabián Hernández Huizar

Unidad de Cuidados Posquirúrgicos
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Efrén Huitrón Peralta

Escuela Médico Naval
Ciudad de México

Rogelio Jasso Victoria

Departamento de Cirugía Experimental
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Fortunato Juárez Hernández

Departamento de Imagenología
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Jaime Lucero Rivero

Sistema de Protección Civil Rojo Capacitación

María de los Ángeles Macías Jiménez

Servicio de Anestesiología y Clínica del Dolor
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Ismael Maldonado Beltrán

Servicio de Terapia Posquirúrgica
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Kathleen A. Mau

Simulation and Advanced Skills Center
Cleveland Clinic
Ohio, EE.UU.

Erika Meneses Tamayo

Laboratorio de Función Pulmonar
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Angélica Merino Serrano

Escuela de Enfermería Aurelia Saldierna R.
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

María José Midence Arguello

Departamento de Cirugía Torácica
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Eduardo Mireles-Cabodevila

Cleveland Clinic Foundation
Medical Intensive Care Unit
Simulation and Advanced Skills Center
Cleveland Clinic
Ohio, EE.UU.

Jorge Morales Hernández

Servicio de Broncoscopia
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Daniel Alejandro Munguía Canales

Departamento de Cirugía Torácica
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Fabiana Georgina Muñoz Bastidas

Clínica de Pleura
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Diego Natan Rosales

Escuela Superior de Terapia Respiratoria
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Alan Vicente Olivares Martínez

Tecnológico de Monterrey
Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud

Raúl Olmos Zúñiga

Laboratorio de Transplante Pulmonar Experimental
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Héctor Olvera Prado

Servicio de Anestesiología y Clínica del Dolor
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

Laura Jael del Carmen Ortiz López

Tecnológico de Monterrey
Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud

Karla Patricia Pacheco Alvarado

Tecnológico de Monterrey
Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud

Jorge Pedroza-Granados

Servicio de Neumología
Hospital Ángeles Lomas
Huixquilucan, Estado de México

Lya Edith Pensado Piedra

Departamento de Imagenología
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cosío Villegas
Ciudad de México

José Rogelio Pérez-Padilla

Departamento de Investigación en Tabaquismo y EPOC
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cossío Villegas
Ciudad de México

Miguel Ángel Ramírez Hernández

División de Rehabilitación Neurológica
Instituto Nacional de Rehabilitación Luis Guillermo
Ibarra Ibarra
Ciudad de México

Margarita Ramírez López

Clínica de la Vía Aérea
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cossío Villegas
Ciudad de México

Juan Sebastián Reyes Silva

Servicio de Medicina de Sueño
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cossío Villegas
Ciudad de México

Yadira Guadalupe Rodríguez Reyes

Unidad de Medicina de Sueño
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cossío Villegas
Ciudad de México

VI

Víctor Ríos Cortázar

Departamento de Atención a la Salud
Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad
Xochimilco
Ciudad de México

Alejandro David Rizo Velasco

Escuela de Enfermería Aurelia Saldierna R.
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cossío Villegas
Ciudad de México

Jorge Salas-Hernández

Centro de Simulación Clínica en Medicina Respiratoria
Dirección de Enseñanza
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cossío Villegas
Ciudad de México

Iris Yuliana Santiago Pérez

Escuela de Enfermería Aurelia Saldierna
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cossío Villegas
Ciudad de México

Patricio Santillán Doherty

Departamento de Cirugía Torácica
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cossío Villegas
Ciudad de México

Óscar Francisco Silva Gómez

Servicio de Anestesiología y Clínica del Dolor
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cossío Villegas
Ciudad de México

Irerí Isadora Thirión Romero

Departamento de Fisiología Pulmonar
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cossío Villegas
Ciudad de México

Saraí del Carmen Toral Freyre

Escuela Superior de Terapia Respiratoria
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cossío Villegas
Ciudad de México

Pavel Venustiano Torreblanca Flores

Departamento de Imagenología
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cossío Villegas
Ciudad de México

Martha Guadalupe Torres Fraga

Servicio de Medicina de Sueño
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cossío Villegas
Ciudad de México

Alonso Tortoriello Garza

Servicio de Broncoscopia
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cossío Villegas
Ciudad de México

Juan Carlos Vázquez-García

Departamento de Innovación Educativa en Salud
Dirección de Enseñanza
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cossío Villegas
Ciudad de México

Juan Carlos Vázquez Minero

Servicio de Cirugía de Tórax
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
Ismael Cossío Villegas
Ciudad de México

Abreviaturas

AASM	Academia Americana de Medicina de Sueño	HD	hemodiálisis
ACGME	Consejo de Acreditación para la Educación Médica de Posgrado	IA	inteligencia artificial
ACS-AEI	<i>American College of Surgeons-Accredited Education Institutes Anesthetist' Non-Technical Skills</i>	IAM	infarto agudo de miocardio
ANTS		IES	instituciones de educación superior
ATS	<i>American Thoracic Society</i>	INACSL	<i>International Nursing Association for Clinical Simulation and Learning</i>
CAF	catéter de alto flujo	INER	Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
COT	cánula orotraqueal	ISR	intubación de secuencia rápida intravenoso
CRM	gestión de recursos en crisis	iv.	
CVC	catéter venoso central	LPM	latidos por minuto
DE	desviación estándar	MOR	movimientos oculares rápidos
DLCO	difusión pulmonar de monóxido de carbono	NAVM	neumonía asociada a la ventilación mecánica
DVSN	Da Vinci SimNow	NPDS	<i>nursing professional development specialists</i>
EBUS	ultrasonido endobronquial	OPI	<i>Objective Performance Indicators</i>
ECG	electrocardiograma	PA	presión arterial
ECMO	oxigenación por membrana extracorpórea	PCCM	<i>Pulmonary and Critical Care Medicine</i>
ECOE	examen clínico objetivo estructurado	PEARLS	<i>Promoting Excellence and Reflective Learning in Simulation</i>
ECS	electrocardiograma	PEEP	presión positiva al final de la espiración
EOPA	catéter de oxígeno por arteria pulmonar	PFR	prueba de función respiratoria
EPOC	enfermedad pulmonar obstructiva crónica	PGE1	prostaglandina E1
ER	enfermedad respiratoria	PICC	catéter central de inserción periférica
ERS	Sociedad Europea de Medicina Respiratoria	PLEX	terapia de intercambio plasmático terapéutico
ESTR	Escuela Superior de Terapia Respiratoria	PSG	polisomnografía
EVC	evento cerebrovascular	pTLC	capacidad pulmonar total predicha
FAV	fistula arteriovenosa	PUEM	Plan Único de Especialidades Médicas
FDA	<i>Food and Drug Administration</i>	RATS	cirugía torácica asistida por robot
FEV1	volumen espiratorio forzado en el primer segundo	RCP	reanimación cardiopulmonar
FEV6	volumen espirado forzado a los 6 segundos	RERA	Alertamientos Relacionados a Esfuerzo Respiratorio
FiO₂	fracción de oxígeno inspirado	rSEW	<i>remote simulation educator workshop</i>
FLASIC	Federación Latinoamericana de Simulación Clínica y Seguridad del Paciente		
FVC	capacidad vital forzada		

RV	realidad virtual	TEAM	<i>Team Emergency Assessment Measure</i>
SASC	<i>Simulation and Advanced Skills Center</i>	TFG	tasa de filtrado glomerular
SBME	educación médica por medio de simulación	TP	trasplante pulmonar
SBT	entrenamiento basado en simulación	TRRC	terapia de reemplazo renal continuo
SCA	síndrome coronario agudo	TSUI	Técnico Superior Univeristario en Inhaloterapia
SES	<i>simulation education specialists</i>	UCI	unidad de cuidados intensivos
SEVA	<i>Standardized Education for Ventilatory Assistance</i>	VAA	vía aérea artificial
SEW	<i>Simulation Educator Workshop</i>	VATS	procedimiento abierto o torácico videoasistido
SOS	<i>simulation operations specialists</i>	VCS	vena cava superior
SpO₂	saturación periférica de oxígeno	VR	realidad virtual
SSH	<i>Society for Simulation in Healthcare</i>	VYU	vena yugular

Índice

Prólogo	XI
Capítulo 1	
Bases del aprendizaje por simulación clínica	1
Mónica Franco Martínez, María del Carmen Cano Salas y Jorge Salas Hernández	
Capítulo 2	
Experiencias de la simulación clínica en medicina respiratoria	11
Moisés Hernández Hernández y Jorge Salas Hernández	
Capítulo 3	
Impacto de la seguridad psicológica en el desempeño clínico mediante simulación	18
Ariana Cerón Apipilhuasco	
Capítulo 4	
La evolución de la neumología a neumología-medicina crítica. El lugar de la simulación clínica en el entrenamiento	28
Josué Daniel Cadeza-Aguilar, Carmen Margarita Hernández Cárdenas, Jorge Salas-Hernández, José Rogelio Pérez-Padilla y Juan Carlos Vázquez-García	
Capítulo 5	
Simulación en medicina crítica	35
Carmen Margarita Hernández Cárdenas y Josué Daniel Cadeza-Aguilar	
Capítulo 6	
Simulación en broncoscopia	42
Jorge Morales Hernández, Luis Joel Arroyo Hernández, Alonso Tortoriello Garza y Víctor Fabián Hernández Huizar	
Capítulo 7	
Ultrasonido de tórax con simulador	49
Julio César Gómez Penagos, Lya Edith Pensado Piedra, Fortunato Juárez Hernández y Pavel Venustiano Torreblanca Flores	
Capítulo 8	
Desarrollo de competencias clínicas en vía aérea del adulto a través de la simulación	59
María de los Ángeles Macías Jiménez, Diana Elizabeth García Campos, Héctor Olvera Prado y Óscar Francisco Silva Gómez	
Capítulo 9	
Intervencionismo pleural	70
Edgar Felipe Castro Arellano, Cinthia Susana Alvarez Maldonado, Fabiana Georgina Muñoz Bastidas y Esmeralda Gordillo Valdés	
Capítulo 10	
Simulación en accesos vasculares	82
Ismael Maldonado Beltrán, Marcos García Nava, Luis Adrián González Mercado y Malquiel Betzay Aguazul Ramírez	
Capítulo 11	
Cuidado de la vía aérea por simulación	95
Margarita Ramírez López, Alejandro David Rizo Velasco, Martha Castillo González, Angélica Merino Serrano, Lucía Cruz Abarca e Iris Yuliana Santiago Pérez	

Capítulo 12

Simulación en trasplante de pulmón109

Francina Valezka Bolaños Morales, Raúl Olmos Zúñiga, Pablo Gomes-da Silva de Rosenzweig,
Luis Fernando Arana Bolaños, Diana García Campo, María Jose Midence Arguello
y Patricio Javier Santillan Doherty

Capítulo 13

Simulación en trauma de tórax127

Juan Carlos Vázquez Minero, Mario Castillo Jiménez, Jaime Lucero Rivero y Andrea Alvarado Luna

Capítulo 14

Simulación en cirugía robótica torácica140

Patricio Santillán Doherty, Pablo Gomes-da Silva de Rosenzweig, Diana García Campos,
Luis Fernando Arana Bolaños, María José Midence Arguello y Francina Valezka Bolaños Morales

Capítulo 15

Simulación en ventilación mecánica148

Jorge Pedroza-Granados y Eduardo Mireles-Cabodevila

Capítulo 16

Educación por simulación en la terapia respiratoria: proyección a corto plazo156

Diego Natan Rosales, Angélica de Jesús Castolo Pérez, Rafael Patricio Castañón Rodríguez
y Saraí del Carmen Toral Freyre

Capítulo 17

Pruebas de función pulmonar168

Rosaura Esperanza Benítez Pérez, Laura Graciela Gochicoa Rangel, Erika Meneses Tamayo
e Ileri Isadora Thirión Romero

Capítulo 18

El entrenamiento por simulación: monitoreo polisomnográfico177

Martha Guadalupe Torres Fraga, José Luis Carrillo Alduenda y Juan Sebastián Reyes Silva

Capítulo 19

Educación por simulación de la auscultación de ruidos respiratorios185

Saraí del Carmen Toral Freyre, Yadira Guadalupe Rodríguez Reyes y Alejandra Renata Báez Saldaña

Capítulo 20

Ansiedad y aprendizaje en la residencia médica: el rol de la simulación clínica193

Mónica Franco Martínez y Víctor Ríos Cortázar

Capítulo 21

Educación por simulación en la formación de estudiantes de la licenciatura en Medicina199

Karla Patricia Pacheco Alvarado, Guillermo Domínguez Cherit, Laura Jael del Carmen Ortiz López
y Alan Vicente Olivares Martínez

Capítulo 22

Simulación en la formación de la licenciatura en Enfermería206

Alejandro David Rizo Velasco, Said Mishael Calleja Guerrero, Margarita Nolasco Cristóbal,
Óscar Andryw Estrada Berber, Angélica Merino Serrano e Iris Yuliana Santiago Pérez

Capítulo 23

Importancia de la ingeniería biomédica en la simulación clínica218

Miguel Ángel Aceves Pacheco y Efrén Huitrón Peralta

Capítulo 24

Alcances, limitaciones y futuro de la educación por simulación229

Angélica García Gómez y Miguel Ángel Ramírez Hernández

Capítulo 25

El modelo de simulación de la Cleveland Clinic: construyendo una comunidad interprofesional mundial235

Eduardo Mireles-Cabodevila y Kathleen A. Mau

Prólogo

La enseñanza de la medicina, desde siglos atrás, ha pasado por una evolución continua e innovadora, siempre a la par del descubrimiento del nuevo conocimiento científico y al notable desarrollo de la avanzada tecnología aplicada a la educación. En la actualidad, los procedimientos diagnósticos y terapéuticos a la luz de la ciencia, la tecnología, la innovación y la calidad de la atención cada vez son más complejos, pero también más seguros y resolutivos. La medicina respiratoria es un buen ejemplo de la aplicación de este complejo crecimiento, ya que fusiona la neumología con la medicina crítica, la cirugía tradicional con la robótica, la endoscopia e imagenología con el uso de equipos y procedimientos de gran fineza, y la prevención individual y colectiva con las modalidades terapéuticas y de rehabilitación más avanzadas.

Paralelamente, los programas académicos de educación de los médicos especialistas es prácticamente imposible extenderlos en tiempos de formación, por lo que todo este gran avance debe ser impartido con nuevas modalidades educativas que favorezcan el egreso de médicos especialistas de alto perfil profesional acordes a la medicina actual.

La metodología empleada por la simulación clínica es una maravillosa experiencia vivida por los alumnos que les permite experimentar escenarios clínicos similares a la realidad de forma segura, controlada y repetitiva, lo que genera la adquisición de las competencias requeridas sin riesgos, interactuando en el trabajo en equipo y favoreciendo la prevención de fallas y errores en la práctica clínica real.

En la actualidad la enseñanza por simulación es una realidad, rápidamente en desarrollo y con un sinfín de posibilidades educativas.

En todo el mundo, cada vez están apareciendo más centros formadores de personal de salud con esta metodología educativa, grupos multidisciplinarios que integran la simulación a los conocimientos e instituciones de educación superior que adoptan y avalan esta metodología desde la formación de pregrado hasta el posgrado. Y paulatinamente, cada vez más personal docente y alumnado conocen y emplean la simulación clínica en sus procesos de aprendizaje.

El Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias Ismael Cosío Villegas, de la Ciudad de México, es el centro formador más importante en México y uno de los más prestigiosos en América Latina de médicos especialistas, enfermeras y terapeutas respiratorios, bajo el aval de instituciones de educación superior y siempre en colaboración con los personajes más importantes de la medicina, la ciencia y la educación. Hace dos años implementó el Centro de Simulación Clínica en Medicina Respiratoria, que forma parte de las áreas de educación y en donde el personal en formación realiza parte de su entrenamiento clínico. Su personal docente poco a poco ha ubicado su presencia en otros foros de educación, y con la visión de integración, colaboración e innovación se ha dado a la tarea de editar el

presente libro, conformado por 25 capítulos que analizan desde las bases del aprendizaje por simulación y la experiencia en la formación de personal de salud hasta la aplicación en la práctica clínica de los procedimientos invasivos, diagnósticos y terapéuticos más comúnmente empleados en la medicina respiratoria.

Una de las grandes fortalezas de esta obra es la participación de notables expertos en docencia y en simulación de otras reconocidas instituciones, como la Universidad Nacional Autónoma de México, la Universidad Anáhuac, el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, la Universidad Autónoma Metropolitana y la mundialmente reconocida *Cleveland Clinic*. Este trabajo multidisciplinario e interinstitucional sin duda resulta en un texto de interés, relevancia y propositivo para la futura integración de más centros y educadores.

El Laboratorio Sigfried, comprometido con la educación médica, es el patrocinador de esta obra y muestra el mejor ejemplo de que siempre es posible la ayuda aun cuando no coincidan las líneas de trabajo, pero sí privilegiando el genuino interés de colaborar por una mejor atención en salud a través de la capacitación del personal.

Nuevamente, el trabajo de la Editorial Permanyer muestra que es la mejor empresa editorial en obras médicas, impecable, puntual, fina y de amplia difusión; todo gracias a su gran equipo de profesionales, y particularmente para este libro de Marta Gomá, que todo lo hace posible, fácil y agradable a pesar de las distancias intercontinentales, las diferencias de horario y el tiempo, que es breve.

Nuestra propuesta e interés es que este libro sea el punto de partida de muchos más.

Bases del aprendizaje por simulación clínica

Mónica Franco Martínez, María del Carmen Cano Salas
y Jorge Salas Hernández

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la medicina y la educación continua de los profesionales de la salud cada vez son más complejas. Éste es un tema multifactorial; por ejemplo, es notable el rápido avance en el conocimiento, lo que genera miles de publicaciones al mes, imposibles de revisar; los equipos de diagnóstico y tratamiento de tecnología avanzada requieren para su manejo de capacitación especializada en muchos casos; las técnicas de muchos procedimientos clínicos son más controladas e incluso de riesgo en muchos casos; los programas académicos de los médicos en formación en las diferentes especialidades incluyen el dominio de más procedimientos invasivos... Todo esto se traduce en la necesidad de adquirir más conocimiento y desarrollar más competencias clínicas en el mismo tiempo de formación que en años anteriores. Adicionalmente, las dificultades del entrenamiento en las especialidades médicas hoy en día comprenden la atención de más casos graves y complejos, la capacidad de ofrecer rápidas y seguras respuestas de atención médica, la resolución de situaciones bioéticas y la multiplicidad de presiones laborales y emocionales.

El entrenamiento por simulación clínica es una metodología educativa basada en la experiencia para el ensayo de eventos clínicos similares a la realidad en un ambiente totalmente controlado y seguro para el practicante, lo que garantiza la seguridad en la realización de los procedimientos, el trabajo en equipo y la prevención de errores clínicos en la práctica médica cotidiana¹.

Los escenarios de simulación clínica pueden ser tan diversos y complejos como se requiera; lo importante es mantener los objetivos del entrenamiento y la metodología de la enseñanza. Para ello se dispone de modelos anatómicos de fidelidad variable (maniqués), programas computacionales específicos, el desempeño de roles por los participantes de un escenario clínico y la colaboración de actores y pacientes; todo de manera individual o conjunta de acuerdo al escenario clínico que se aborda. Un tema relevante son las competencias bioéticas, generalmente no abordadas en la formación, pero sí analizadas en el interior de los comités de ética hospitalaria. Estas competencias deben formar parte de los programas de formación de los médicos.

La parte central del entrenamiento por simulación son los estudiantes, ya que el objetivo relevante es lograr aprender haciendo, para lo cual es obvio que se requieren equipamiento, instructores y programas académicos. Pero hay situaciones que influyen en el desempeño; por ejemplo, la ansiedad y la confianza en el proceso de atención médica son características que frecuentemente se ven comprometidas durante la atención de los pacientes; dependen de las características de cada persona, pero sin duda también de las competencias desarrolladas para realizar óptimamente los procedimientos. El control de estas situaciones se favorece con la simulación clínica; cada vez hay más registros de que

el entrenamiento por simulación clínica disminuye los niveles de ansiedad y mejora los niveles de confianza, por lo que siempre que sea posible se debe emplear en el proceso formativo de los médicos².

Maneru señala como importantes herramientas pedagógicas lo que el alumno sabe, el error como herramienta de enseñanza-aprendizaje, la ética aplicada a los casos, y la autocrítica y reflexión como profesor³.

El equipamiento y las diversas metodologías han progresado. Chile ha sido uno de los grandes pioneros en el entrenamiento por simulación clínica desde hace 20 años⁴.

La bioética es un tema central que debe formar parte del proceso de aprendizaje por simulación. Si bien todavía hay dudas sobre sus límites en la formación de los médicos con esta metodología, no hay duda de que se encontrará el punto ideal de su enseñanza⁵. Las habilidades por simulación para abordar los problemas bioéticos están bien definidas, de tal manera que el aprendizaje de la toma de decisiones ante dilemas bioéticos a los que frecuentemente se sitúa un clínico hoy forman parte de los procesos de formación⁶.

TEORÍAS DEL APRENDIZAJE APLICADAS A LA SIMULACIÓN CLÍNICA

La simulación clínica se puede considerar como un puente sólido que conecta la teoría y la actuación clínica, ofreciendo al participante un espacio seguro para practicar, equivocarse, aprender del error y perfeccionar su práctica sin comprometer la seguridad de los pacientes^{7,8}. Para que este vínculo funcione, se sustenta en distintas teorías del aprendizaje que explican cómo las personas adquieren y transforman el conocimiento, desarrollan habilidades técnicas y construyen competencias profesionales a través de escenarios o contextos simulados. Comprender estos fundamentos es clave para diseñar experiencias de simulación (cursos, escenarios simulados, entre otros) que maximicen el impacto educativo. A continuación, se describen algunos de estos fundamentos.

2

Aprendizaje experiencial (Kolb)

El modelo de Kolb refiere que lo que vivimos o experimentamos se puede transformar en conocimiento al pasar por un ciclo de cuatro fases: experiencia concreta, observación reflexiva, conceptualización abstracta y experimentación activa⁹.

En una sesión de simulación, este modelo se da cuando los estudiantes participan activamente en un escenario clínico y van tomando decisiones de acuerdo a las situaciones que se le presenten (experiencia concreta). Posteriormente, a través del *debriefing*, el instructor o facilitador dirige el análisis de lo sucedido, y los estudiantes identifican qué funcionó y qué no (reflexión), integran lo que pasó con sus conocimientos previos (conceptualización) y, por último, aplican lo que aprendieron en un nuevo escenario o en su práctica clínica real (experimentación).

Constructivismo social (Vygotsky)

Esta teoría destaca la importancia de la interacción social para la construcción del aprendizaje¹⁰. En su concepto de zona de desarrollo próximo explica que el aprendizaje significativo ocurre cuando se interactúa con otras personas¹¹. A través de la participación en los escenarios, la simulación favorece que se dé el aprendizaje colaborativo, ya que cada participante aporta una visión distinta. Durante el *debriefing*, con ayuda del instructor o facilitador, se integran estas visiones, construyendo así un mayor aprendizaje.

Constructivismo cognitivo (Piaget)

Sostiene que las personas construyen su propio conocimiento de manera activa a través de la asimilación y acomodación¹². El estudiante modifica sus esquemas mentales al integrar nuevas experiencias. Por ejemplo, cuando en un escenario clínico simulado se le presenta una situación inesperada, en la que, de manera inicial, echa mano de sus conocimientos previos, posteriormente ajusta su razonamiento clínico para incluir nuevas posibilidades de actuación. Con la guía del facilitador o instructor, este ajuste le permite construir una mayor comprensión de los conceptos.

Andragogía (Knowles)

Parte de la idea de que los adultos aprenden mejor cuando reconocen, de manera inmediata, la importancia de lo que estudian, integran sus experiencias y se orientan a la resolución de problemas¹³. En simulación esto se traduce en escenarios que proporcionan experiencias de aprendizaje que responden a las necesidades reales de los estudiantes, permitiendo que éstos apliquen y aumenten su experiencia mientras desarrollan competencias específicas.

Teoría cognitivo-social (Bandura)

Gran parte del aprendizaje ocurre al observar modelos y construir autoeficacia, es decir, la creencia en la propia capacidad de ejecutar una tarea¹⁴. En simulación, esto se refleja cuando el estudiante observa a uno de sus compañeros o a su instructor ejecutar con éxito una práctica antes de intentarlo. Por ejemplo, al observar cómo su instructor canaliza con un acceso venoso central con pericia, no sólo refuerza la técnica, sino que, al internalizar la demostración, aumenta su confianza para realizarla por sí mismo¹⁵. Ese sentido de autoeficacia es lo que favorece que el procedimiento se realice con menor ansiedad y mayor éxito.

Aprendizaje transformacional (Mezirow)

Esta teoría describe cómo ciertas experiencias críticas desafían creencias y promueven una reflexión profunda que puede transformar la manera en que los estudiantes interpretan el mundo y, en consecuencia, su identidad profesional^{16,17}. En simulación, esto ocurre cuando los participantes enfrentan situaciones que desafían sus valores, emociones y perspectivas. Por ejemplo, en un escenario de comunicación de malas noticias, los estudiantes no sólo identifican qué palabras usar, sino que se ven impulsados a reflexionar sobre la empatía, el respeto hacia la dignidad del paciente y el propio papel como profesional, lo que contribuye a una transformación en su identidad profesional.

DIFERENCIACIÓN CONCEPTUAL APLICADA A LA SIMULACIÓN CLÍNICA

En educación médica hay términos que suelen usarse indistintamente al referirse a la simulación clínica, generando confusión conceptual y práctica, por lo que diferenciarlos permite reconocer la versatilidad de la simulación en la educación en salud y orientar mejor su implementación.

La simulación clínica entendida como:

- Metodología educativa: constituye el marco pedagógico, dando estructura a los principios, fases y enfoques que guían la aplicación de la simulación como proceso de enseñanza-aprendizaje, articulando teoría, práctica y reflexión, en un entorno que favorece el aprendizaje y el desarrollo progresivo de competencias, y que favorece la seguridad del paciente^{8,11}.
- Estrategia didáctica: corresponde a las decisiones didácticas que guían el proceso, organizando y secuenciando las actividades educativas orientadas a alcanzar objetivos específicos¹². Por ejemplo, un programa de simulación puede adoptar la estrategia de fortalecer el trabajo en equipo y asignación de roles o mejorar las habilidades técnicas. La elección de la estrategia va a depender de las necesidades de formación y del contexto clínico en el que se encuentren los estudiantes.
- Técnica educativa: constituye las acciones concretas que se usan para implementar la estrategia¹². Por ejemplo, el uso de pacientes estandarizados o la ejecución de procedimientos en simuladores de fidelidad variable.
- Herramienta pedagógica: se considera un recurso que facilita el proceso de enseñanza-aprendizaje¹⁴. Puede comprender los recursos materiales o digitales que hacen posible las técnicas, como los simuladores, *software* de simulación, dispositivos de realidad virtual o actores.

Esta distinción permite la adaptación de la simulación clínica a los diferentes contextos educativos y objetivos formativos.

4

TIPOS DE SIMULACIÓN CLÍNICA

La simulación clínica abarca un amplio rango de modalidades, que varían en el nivel de complejidad, el grado de realismo y los recursos tecnológicos que requieren¹⁸. Una de las clasificaciones más aceptada distingue entre baja, media y alta fidelidad, a lo que se suman los pacientes estandarizados, la simulación virtual y la simulación *in situ* (Tabla 1).

Cada modalidad puede responder a diferentes objetivos de aprendizaje, dependiendo del nivel formativo de los estudiantes y de las competencias que se quieran desarrollar.

MÉTODOS DE ENSEÑANZA EN SIMULACIÓN CLÍNICA

La efectividad de la simulación clínica depende principalmente del enfoque pedagógico, siendo éste estructurado y que integre diversos métodos de enseñanza, permitiendo así alcanzar distintos objetivos de aprendizaje, tanto técnicos como no técnicos. A continuación, se mencionan algunos.

Práctica deliberada

Repetición planificada de una tarea, partiendo de objetivos claros y retroalimentación inmediata por parte del instructor, logrando así que el estudiante mejore progresivamente su desempeño. Este enfoque, descrito por Ericsson, se fundamenta en que la adquisición de las habilidades clínicas depende principalmente de la calidad de la práctica y de la oportunidad de corregir errores, y no tanto del tiempo de realización¹⁹.

Tabla 1. Clasificación de la simulación clínica y sus principales características

Tipo de simulación	Características	Competencias entrenadas	Ejemplos de uso
Baja fidelidad	Modelos anatómicos básicos	Habilidades técnicas básicas, destrezas psicomotoras	Sutura, venopunción
Mediana fidelidad	Maniqués con funciones parciales	Procedimientos con respuesta fisiológica limitada	Exploración física, auscultación
Alta fidelidad	Maniqués avanzados controlados por software	Manejo de crisis, toma de decisiones, liderazgo	Manejo de trauma
Pacientes estandarizados	Actores entrenados con guiones clínicos	Comunicación, entrevista clínica, ética	Comunicación, ética
Simulación virtual y realidad aumentada	Uso de entornos digitales inmersivos, práctica segura y repetitiva; limitado <i>feedback</i> táctil	Procedimientos clínicos, destrezas técnicas, pensamiento crítico, entrenamiento remoto	Simulador virtual de broncoscopia: explorar la anatomía de la vía aérea y practicar la toma de biopsias sin riesgo
Simulación <i>in situ</i>	Entorno hospitalario. Uso de equipo y recursos reales	Trabajo en equipo, seguridad del paciente, manejo de flujos de trabajo	Entrenamiento de equipos completos

Adaptado de Motola, et al.⁸, Alinier, et al.¹², Jiménez Martínez, et al.¹⁴; Cant, et al.¹⁸, y Gorbaney, et al.²⁰.

Simulación híbrida

Combinación de diferentes modalidades en un mismo escenario con el objetivo de formar competencias integrales, como la combinación del uso de maniqués con pacientes estandarizados, lo que integraría el entrenamiento de procedimientos técnicos con habilidades de comunicación^{12,14}. Por ejemplo, un estudiante puede practicar la intubación en un maniquí mientras interactúa con un actor que interpreta a un familiar preocupado.

Simulación virtual y realidad aumentada

Son herramientas que favorecen el entrenamiento asincrónico, a distancia, así como la exposición a una amplia gama de casos clínicos en entornos digitales inmersivos. Es por ello que permiten darle continuidad a la formación a través de la simulación en aquellos casos en donde las actividades presenciales son limitadas, como lo fue durante la pandemia por la COVID-19¹⁰. Por otro lado, la combinación de simulación virtual con estrategias presenciales ha demostrado potenciar significativamente la retención de conocimientos y favorecer la motivación.

Serious games o juegos serios

Son aplicaciones digitales interactivas cuyo diseño tiene un propósito pedagógico específico, e integran dinámicas lúdicas y retos orientados a la resolución de problemas clínicos en entornos simulados digitales²⁰.

En estudios recientes se refiere que el uso de este tipo de herramientas en combinación con las llamadas herramientas tradicionales tiene un panorama optimista; sin embargo, aún falta más evidencia sobre su efectividad²¹.

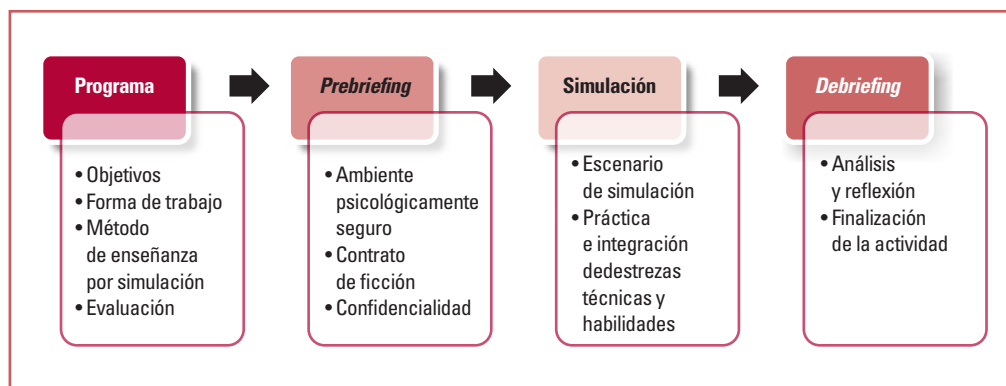


Figura 1. Momentos de la simulación. Tomando como base la literatura científica y lo que se realiza en el Centro de Simulación Clínica en Medicina Respiratoria del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, se agrega el momento inicial llamado «Programa», refiriéndose al diseño y planeación de la experiencia simulada de manera integral.

Escenarios de alta fidelidad acompañados de debriefing estructurado

Con el uso de simuladores de alta fidelidad, los estudiantes se enfrentan a escenarios más realistas, lo que les permite mejorar tanto sus habilidades técnicas como no técnicas, al tener una reflexión guiada en el *debriefing* se promueve la reflexión crítica, la integración de marcos teóricos y el fortalecimiento de habilidades de razonamiento clínico²².

6

MOMENTOS DE LA SIMULACIÓN CLÍNICA

Un escenario de simulación clínica está estructurado en tres momentos pedagógicos fundamentales: *prebriefing*, ejecución (simulación) y *debriefing*²³. Cada uno tiene funciones específicas y complementarias, las cuales son esenciales en la construcción del aprendizaje y contribuyen a garantizar tanto el aprendizaje como la seguridad psicológica de los estudiantes (Fig. 1).

- *Prebriefing*: es el momento inicial de la experiencia en simulación. Su propósito es preparar la escena brindando toda la información que los estudiantes requieren para llevar a cabo su participación y creando un ambiente psicológicamente seguro²⁴.
- Ejecución o simulación propiamente: aquí se lleva a cabo el desarrollo y la práctica de los escenarios clínicos de simulación, donde los participantes aplican y mejoran sus conocimientos y habilidades. El instructor o facilitador mantiene un rol de observador-guía e interviene sólo cuando es necesario para mantener la coherencia del escenario. Existen diversas modalidades de escenarios, que pueden ser desde una práctica individual en un procedimiento hasta el uso de simulaciones de alta fidelidad que requieren la participación de equipos completos⁸.
- *Debriefing*: se le considera el momento de mayor relevancia, ya que es donde se lleva a cabo la integración de lo vivido en la práctica con el conocimiento (aprendizaje significativo)²⁵. Se puede definir como una plática estructurada, guiada por el facilitador/instructor, en la que los estudiantes participan activamente, reflexionan acerca de sus emociones durante el escenario, analizan su desempeño, identifican fortalezas y reconocen puntos de mejora²⁶. Modelos como

Tabla 2. Herramientas de evaluación en simulación clínica: aplicaciones, ventajas y limitaciones

Instrumento	Aplicación principal	Ventajas	Limitaciones
Lista de cotejo	Procedimientos técnicos paso a paso	Objetiva, fácil de aplicar	No mide el desempeño global
Rúbricas analíticas	Comunicación, liderazgo, juicio clínico	Evalúan la calidad, no sólo la cantidad	Requieren entrenamiento de evaluadores
Escalas globales	Habilidades no técnicas, seguridad del paciente	Visión integral del desempeño	Menor objetividad
Observación directa	Escenarios clínicos completos	Retroalimentación inmediata	Riesgo de sesgo del observador
Autoevaluación/pares	Reflexión y autorregulación	Favorece el aprendizaje autónomo	Puede ser subjetiva
Evaluación 360°	Competencias profesionales integrales	Retroalimentación múltiple y diversa	Consume tiempo y recursos

Adaptado de Motola, et al.⁸, Cook, et al.¹⁰, Cheng, et al.¹¹, Alinier, et al.¹², Jiménez Martínez, et al.¹⁴, Yilmaz, et al.²¹, y Iopreiato, et al.²⁶.

PEARLS (*Promoting Excellence and Reflective Learning in Simulation*) y *Debriefing* con Buen Juicio, o herramientas como Plus-Delta, han mostrado su eficacia cuando se utilizan para estructurar el *debriefing*²⁷.

La evidencia sugiere que un *debriefing* bien estructurado mejora la retención del conocimiento, favorece la transferencia al entorno clínico real y fortalece competencias no técnicas como la comunicación efectiva, la gestión de crisis y el trabajo en equipo.

HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN EN SIMULACIÓN CLÍNICA

La evaluación es un componente esencial, pues permite determinar si los objetivos de aprendizaje se han alcanzado y, al mismo tiempo, orientar la retroalimentación de los estudiantes¹⁰. En simulación clínica se busca valorar tanto el desempeño técnico como las competencias no técnicas. Para ello debe cumplir con criterios de validez (mide lo que pretende medir), confiabilidad (consistencia de resultados entre evaluadores) y factibilidad (viable en el contexto real). En la práctica, esto implica seleccionar herramientas adecuadas a los objetivos de aprendizaje, el tipo de escenario, el nivel de los estudiantes y los recursos disponibles.

La elección de la herramienta adecuada no es excluyente; por el contrario, la combinación de distintos instrumentos permite una valoración más sólida y equilibrada^{21,26}. En la tabla 2 se sintetizan las principales herramientas de evaluación en simulación clínica, sus usos más frecuentes, ventajas y limitaciones.

INTEGRACIÓN DE EQUIPOS DE TRABAJO EN UN CENTRO DE SIMULACIÓN

El éxito de un centro de simulación clínica no depende únicamente de contar con tecnología avanzada, sino también del equipo humano que lo sustenta. De hecho, los

centros de simulación más consolidados a nivel mundial coinciden en que, sin un grupo interdisciplinario estable y bien capacitado, los recursos técnicos pierden gran parte de su eficacia educativa^{28,29,30}. Por ejemplo, imagina un simulador de fidelidad alta funcionando perfectamente, pero sin un instructor o facilitador capacitado que guíe la experiencia; el potencial de aprendizaje se reduce considerablemente.

En términos generales, el equipo base está conformado por profesionales de la salud con formación en docencia y experiencia clínica, quienes diseñan los escenarios, facilitan las actividades y conducen el *debriefing*. A este grupo se suman técnicos en simulación e ingenieros biomédicos encargados de mantener los equipos, diseñar interfaces tecnológicas y asegurar que todo funcione sin fallos. Personal administrativo y de sustento audiovisual complementan el grupo, gestionando agendas, materiales y registros académicos²⁶. Esta combinación es esencial para que el centro funcione como un engranaje bien aceitado.

Un modelo que ha cobrado fuerza es el del equipo híbrido, que combina un núcleo permanente de especialistas en simulación con expertos invitados de acuerdo con la temática. Así, un curso de atención al trauma puede involucrar a cirujanos, anestesiólogos y enfermeras de urgencias, mientras que un taller de entrevista clínica se sustenta en psicólogos o actores profesionales que interpretan pacientes estandarizados. Esta flexibilidad en la composición del equipo amplía la calidad pedagógica y acerca la simulación a la realidad clínica^{4,23}.

La colaboración interprofesional es otro pilar en este contexto³¹. En la literatura científica se señala que la formación conjunta de médicos, enfermeras y otros profesionales en escenarios simulados fortalece habilidades indispensables como la comunicación, la coordinación y la seguridad del paciente, competencias que no se entrenan con la misma intensidad en entornos tradicionales¹⁹. Por ejemplo, en una simulación conjunta, los profesionales aprenden a anticipar y responder mejor a situaciones críticas, lo que reduce errores en el mundo real.

Por último, un aspecto clave es la formación continua del propio equipo del centro de simulación, por lo que se requiere implementar programas de educación continua de formación docente que incluyan actualización en pedagogía, técnicas de *debriefing* y métodos de evaluación^{23,29,30}.

En resumen, la integración de equipos de trabajo en un centro de simulación exige una estructura multidisciplinaria, flexible y orientada al aprendizaje colaborativo, que logre equilibrar la dimensión tecnológica con la dimensión pedagógica para maximizar el aprendizaje y la seguridad del paciente.

RETOS Y OPORTUNIDADES DE LA SIMULACIÓN CLÍNICA

A pesar de los reportes sobre las ventajas de la simulación clínica, existen retos importantes para su aplicación⁷. Entre los que se mencionan en la literatura científica se encuentran:

- El costo económico: los simuladores de alta fidelidad, la infraestructura y el personal capacitado requieren inversiones que en ocasiones son difíciles de sostener, en especial en países con ingresos medios-bajos^{7,18}.
- La integración curricular: en algunos lugares, la simulación aún se percibe como una actividad extracurricular; sin embargo, la evidencia señala que, cuando se incorpora al currículo, se logra un mayor impacto en la formación de los profesionales de la salud¹¹⁻³².

Al mismo tiempo, se destacan oportunidades relacionadas con su capacidad para:

- Mejorar la seguridad del paciente, al reducir los errores en la práctica inicial.
- Favorecer el aprendizaje interprofesional, al reunir en un mismo escenario a médicos, enfermeras y otros profesionales.
- Incorporar las llamadas tecnologías inmersivas como son la realidad virtual, la realidad aumentada y, más recientemente, la inteligencia artificial a los escenarios^{13,31}.
- Impulsar la investigación educativa, con un aumento en los estudios que analizan el impacto en competencias clínicas y resultados de salud²¹.

Países como México, Chile y Colombia han desarrollado programas y centros de simulación a través de alianzas que han resultado ser estratégicas para hacer frente a los retos relacionados con los altos costos que conlleva la implementación de la simulación, logrando consolidarse como referentes regionales^{4,31}.

CONCLUSIONES

Si bien el entrenamiento por simulación clínica se ha consolidado como una metodología educativa que ofrece un entorno psicológicamente seguro para que los estudiantes integren la teoría con la práctica a través del aprendizaje reflexivo y colaborativo, aún enfrenta retos importantes.

Entre estos se encuentran: su integración plena en los programas académicos, que se garantice una adecuada implementación a través de la capacitación y actualización docente, y la implementación de estrategias para afrontar sus altos costos.

Sin embargo, el progreso continuo en tecnología y el desarrollo de nuevas estrategias de aplicación seguirán aumentando las oportunidades de uso de la simulación en diversas especialidades médicas y campos de la salud, contribuyendo así a la mejora en la seguridad del paciente y la calidad de la atención.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alonso-Peña M, Álvarez C. Clinical simulation in health education: a systematic review. *Invest Educ Enferm*. 2023;41(2):e08.
2. Yu JH, Kim SS, Park JE, Chung WY, Lee SK, et al. Effects of high fidelity simulation education on medical students' anxiety and confidence. *PLoS One*. 2021;16(5):e0251078.
3. Maneru ZG. La adquisición de habilidades y competencias en el Centro de Simulación Médica. De la teoría a la práctica. *Rev Int Humanid*. 2012;1(2).
4. Corvetto M, Bravo MP, Montaña R, et al. Simulación en educación médica: experiencia en Chile. *Rev Méd Chile*. 2013;141:70-9.
5. Lifshitz A. La ética y el profesionalismo en educación médica. En: *Simulación. Innovación en el aprendizaje médico de posgrado*. 1.ª ed. México: Edición y Farmacia SA de CV; 2021. p. 391-400.
6. De los Ríos-Uriarte ME, Castilla-Barajas JA, Cerón-Apipihuasco A, et al. Aprendizaje en bioética desde la simulación. *Gac Conbioet*. 2025;14(52):3-7.
7. Díaz-Guio DA, Vasco M, Ferrero F, et al. Educación basada en simulación, una metodología activa de aprendizaje a través de experiencia y reflexión. *Simulación Clínica*. 2024;6(3):119-26.
8. Motola I, Devine LA, Chung HS, Sullivan JE, Issenberg SB. Simulation in healthcare education: a best evidence practical guide. *Med Teach*. 2013;35(10):e1511-30.
9. Kolb DA. *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. 2.ª ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education; 2014.
10. Cook DA, Hamstra SJ, Brydges R, et al. Comparative effectiveness of instructional design features in simulation-based education: systematic review and meta-analysis. *Med Teach*. 2019;41(1):19-33.
11. Cheng A, Eppich W, Kolbe M, et al. A conceptual framework for the development of evaluations of simulation-based healthcare education programs. *Adv Simul*. 2021;6:8.
12. Alinier G, Oriol D. Developing and evaluating simulation-based curricula in healthcare. *BJA Education*. 2020;20(4):163-72.

13. Pimmer C, Mateescu M, Gröbbl U. Adult learning in simulation-based education: a review. *Adv Health Sci Educ Theory Pract.* 2022;27:879-96.
14. Jiménez Martínez CA, Hernández Vargas CI, Zamudio Sánchez TV, Hernández Cruz BA, Tovar Luna B. La investigación educativa en simulación clínica. En: *Simulación. Innovación en el aprendizaje médico de posgrado*. México: Edición y Farmacia SA de CV; 2021. p. 257-77.
15. Artino AR, Jones KD. Self-efficacy beliefs in medical education and practice: a review. *Acad Med.* 2013;88(11):1527-34.
16. Lavoie P, Clarke S, Hermetet C, McGraw R. Transformative learning in simulation-based education: a scoping review. *Clin Simul Nurs.* 2018;22:5-12.
17. Taylor EW. Transformative learning theory. *New Dir Adult Contin Educ.* 2008;119:5-15.
18. Cant RP, Cooper SJ. Simulation-based education and self-efficacy: a systematic review and meta-analysis. *Nurse Educ Today.* 2021;104:104985.
19. Ericsson KA. Deliberate practice and acquisition of expert performance: a general overview. *Acad Emerg Med.* 2008;15(11):988-94.
20. Gorbanev I, Agudelo-Londoño S, González RA, et al. A systematic review of serious games in medical education: quality of evidence and pedagogical strategy. *Med Educ Online.* 2018;23(1):1438718.
21. Yilmaz EB, Atay S, Cinar HG. Interprofessional education through simulation: effects on teamwork and communication. *J Interprof Care.* 2024;38(2):205-12.
22. Issenberg SB, Ringsted C. Simulation in medical education. *N Engl J Med.* 2021;384:746-54.
23. The ASPIH Standards 2023: guiding simulation-based practice in health and care. *Int J Healthc Simul.* 2024;3(1):45-58.
24. Rudolph JW, Raemer DB, Simon R. Establishing a safe container for learning in simulation. *Simul Healthc.* 2014;9(6):339-49.
25. Sawyer T, Eppich W, Brett-Fleegler M, Grant V, Cheng A. More than one way to debrief: A critical review and narrative synthesis of healthcare simulation debriefing methods. *Simul Healthc.* 2016;11(3):209-17.
26. Lopreiato JO, Downing D, Gammon W, et al. *Healthcare Simulation Dictionary*. 2.^a ed. Rockville, MD: Agency for Healthcare Research and Quality; 2020.
27. Eppich W, Cheng A. Promoting excellence and reflective learning in simulation (PEARLS). *Simul Healthc.* 2015;10(2):106-15.
28. Bichmann C, Torge M, Eder A, et al. A competency framework for simulation technicians: development and validation. *Adv Simul.* 2025;10:4.
29. Hsu LL, Chang WH, Hsieh SI. Clinical simulation facilitators' competence: a systematic review. *Nurse Educ Today.* 2022;117:105475.
30. Cheng A, Grant V, Dieckmann P, et al. Faculty development for simulation-based education: a review of the literature. *Simul Healthc.* 2015;10(6):347-56.
31. Salas R, Villanueva P, Becerra D. Simulation-based education in Latin America: current status and future challenges. *Adv Simul.* 2022;7(1):23.
32. Frenk J, Chen L, Bhutta ZA, et al. Health professionals for a new century: transforming education to strengthen health systems in an interdependent world. *Lancet.* 2010;376:1923-58.

Experiencias de la simulación clínica en medicina respiratoria

Moisés Hernández Hernández y Jorge Salas Hernández

«No aprendemos de las experiencias, aprendemos de reflexionar sobre las experiencias».
John Dewey

INTRODUCCIÓN

La incorporación de la simulación en la formación de profesionales de la salud ha fortalecido de manera significativa el proceso de enseñanza-aprendizaje para la práctica clínica. Modelos de simulación establecidos en pilotos de aviación y militares abrieron la puerta para el desarrollo de simuladores aplicados a la medicina durante la segunda mitad del siglo XX¹.

Los primeros modelos aplicados a la medicina se centraron en la resucitación cardiopulmonar, marcando el inicio del entrenamiento mediante maniquíes en 1960². A partir de entonces, no tardaron en desarrollarse otros simuladores en diversas áreas médicas.

Gradualmente, se consolidaron diferentes tipos de simuladores, tanto de alta como baja fidelidad, con diferentes grados de complejidad y con diferentes objetivos³. Su desarrollo se relacionó de manera directa con el avance de herramientas tecnológicas innovadoras como los sistemas informáticos, sensores biomédicos, procesadores digitales y materiales sintéticos realistas⁴.

Los simuladores actuales se distinguen por su alto grado de realismo anatómico, sofisticación tecnológica y capacidad de retroalimentación. Logran reproducir con gran detalle estructuras anatómicas clave para el entrenamiento de diversas técnicas, replican con mucha precisión variables fisiológicas en diferentes contextos por medio de *software* que utilizan algoritmos complejos e incluyen mecanismos que permiten una retroalimentación inmediata.

El área de la medicina respiratoria no ha sido una excepción. Escenarios enfocados en técnicas para la colocación de dispositivos de oxigenación, toracocentesis, broncoscopia, manejo de la vía aérea y ventilación mecánica, entre otros^{5,6}, se han desarrollado en diversos centros, logrando perfeccionarse de manera progresiva para alcanzar un entrenamiento cada vez más especializado.

A lo largo de este camino la simulación clínica se ha enfrentado a diferentes retos; sin embargo, más allá de los desafíos, estas experiencias ofrecen oportunidades para la reflexión. A continuación, se exponen algunas experiencias que han dado forma a la simulación clínica con un enfoque particular en la medicina respiratoria.

INTEGRACIÓN EN EL SISTEMA DE FORMACIÓN DE PROFESIONALES DE LA SALUD

La creación de diferentes modelos de simulación clínica dio paso a su incorporación en diversas universidades y centros hospitalarios.

A principios de la década de 1960, los doctores Stephen Abrahamson y Judson Denson presentaron el primer simulador computarizado de paciente humano, que incluía una cabeza y tórax anatómicamente realistas, sensores que respondían a procedimientos y una computadora que simulaba funciones fisiológicas. Tenía todos los elementos de una innovación exitosa; sin embargo, al ser presentado en diferentes escuelas de medicina fue recibido con escepticismo e indiferencia⁴.

En una entrevista relatada por D. Raemer, profesor e investigador en simulación clínica de Harvard, se menciona que el doctor Abrahamson hizo referencia a que el simulador que desarrollaron fue una propuesta adelantada a su tiempo, cuya adopción se vio limitada por la resistencia al cambio del modelo tradicional de formación y por su elevado costo de implementación⁷.

Éste no fue un caso aislado, pues la comunidad académica no confiaba en la utilidad de los modelos de simulación, y la mayoría de los hospitales privilegiaban el modelo de aprendizaje en paciente real y temían desviar a los estudiantes de la práctica clínica. La desconexión entre la tecnología emergente y la cultura médica de la época era evidente. Durante los siguientes años, esto fue un obstáculo importante que impidió que la simulación se estableciera en los centros educativos para profesionales de la salud^{1,8,9}.

La resistencia al uso de la simulación médica comenzó a romperse de manera gradual a partir de la década de 1980, cuando los avances tecnológicos se consolidaron en todos los ámbitos, el respaldo de la evidencia científica fue contundente y emergió el fortalecimiento de una ética centrada en la seguridad del paciente¹⁰.

Uno de los pioneros de este movimiento fue David Gaba, quien a finales de la década de 1980 diseñó el *Comprehensive Anesthesia Simulation Environment*, un entorno quirúrgico simulado donde los médicos residentes de anestesiología se entrenaban en escenarios como paro cardiorrespiratorio, reacción anafiláctica, hemorragia masiva, entre otros momentos de crisis, lo que constituyó un hito importante, dado que rompió con la idea de que la experiencia clínica directa era el único camino válido para aprender^{4,11}.

En un informe titulado «A Model World», elaborado por el *Institute for the Future*, se incluye una entrevista con David Gaba, en la que explica la importancia de preparar a los profesionales de la salud para enfrentar situaciones clínicas con anticipación. D. Gaba señala lo siguiente: «El objetivo del entrenamiento con simuladores es exponer a las personas a eventos y situaciones desafiantes que no hayan visto antes, pero que podrían enfrentar, y luego utilizarlos como puntos de partida genéricos para enseñar todos los aspectos conductuales del manejo de crisis, la toma de decisiones dinámica, el liderazgo y el trabajo en equipo». Esta reflexión resume el fundamento de su trabajo: entrenar para lo común y especialmente para lo incierto y lo crítico¹².

Hacia el año 2000 la simulación se estableció como una estrategia educativa formal. Los escenarios de simulación dejaron de ocurrir de manera aislada y comenzaron a formar parte de planes de estudio bien establecidos. Se crean centros de simulación en universidades y hospitales de distintos países¹³.

Durante esta década la simulación en medicina respiratoria se fortaleció de manera significativa con el desarrollo del primer simulador para el manejo de la ventilación mecánica invasiva que utiliza modelos matemáticos dinámicos basados en la fisiología pulmonar. Esto

permitió el entrenamiento en diversas enfermedades, asincronías ventilatorias e incluso tener una conexión a ventiladores comerciales. Asimismo, se introdujeron simuladores de exploración torácica, ultrasonido pulmonar y fisiología respiratoria mediante nuevas tecnologías^{5,6}.

En los siguientes años, aunque la simulación ya formaba parte de diversos programas académicos y su adopción crecía de manera gradual, un factor decisivo la aceleró: la pandemia por la COVID-19. La pandemia representó una crisis del sistema de salud de gran magnitud que planteó desafíos significativos en el manejo de manifestaciones respiratorias complejas. En este contexto, la simulación clínica emergió como una herramienta fundamental para facilitar una educación rápida y efectiva, especialmente dirigida a profesionales médicos no especializados en el área respiratoria, quienes debían adquirir competencias específicas en un corto tiempo. El uso de modelos de ventilación mecánica, el entrenamiento en manejo de la vía aérea y la aplicación del ultrasonido pulmonar fueron elementos particularmente valiosos dentro de estos procesos formativos^{14,15}.

En general, varias instituciones de educación superior (IES) públicas y privadas cuentan con simuladores útiles para el entrenamiento respiratorio, como el Centro de Enseñanza y Certificación de Aptitudes Médicas, y la Unidad de Simulación de Posgrado de la Universidad Nacional Autónoma de México; sin embargo, son centros que también entrenan una amplia gama de habilidades de distintas especialidades. Centros de simulación con un enfoque exclusivo en la medicina respiratoria surgieron después de la pandemia en respuesta a la necesidad de fortalecer esta área.

El Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias Ismael Cosío Villegas, como el centro formador por excelencia del mayor número de médicos especialistas en este campo, ha organizado el Centro de Simulación Clínica en Medicina Respiratoria. Consiste en un espacio de 300 m² divididos en cinco salas de diferentes escenarios: multifuncional, sala de hospitalización, sala de endoscopia y ultrasonido, sala de intervencionismo de pleura y vascular, y un quirófano, en los cuales se imparten cursos de manejo básico y avanzado de la vía aérea, accesos vasculares, intervencionismo pleural, broncoscopia, ultrasonido pulmonar y cardíaco, BLS y ACLS. Cada curso está calendarizado e integrado por objetivos educativos, material didáctico de soporte, programa de simulación del procedimiento, *debriefing*, encuesta de satisfacción y evaluaciones de los alumnos. Más de 35 instructores de diferentes áreas hospitalarias participan un día de la semana en esta actividad con los médicos residentes. Asimismo, personal de enfermería ya participa como instructores de algunos cursos que son impartidos a sus pares.

La integración de la simulación clínica en los sistemas educativos clínicos ha sido compleja. La constancia y algunos hitos destacados han logrado posicionarla hasta lograr, hoy en día, ser una parte fundamental de los planes de estudio en la mayoría de los centros de formación de profesionales de la salud.

PROFESIONALIZACIÓN DE LA SIMULACIÓN CLÍNICA

La infraestructura, la tecnología y la integración de dichos elementos en los centros educativos y planes de estudio son una parte esencial de la simulación; sin embargo, para poder generar los resultados esperados en la formación clínica es indispensable la profesionalización de quienes operan dichas herramientas.

Inicialmente los profesionales dedicados a la simulación clínica eran expertos clínicos autodidactas, quienes tomaron la iniciativa de utilizar elementos de la práctica real y trasladarlos a un escenario ficticio en el que se pudieran entrenar habilidades. La simulación era más una herramienta técnica que una disciplina educativa formal. Sus actividades eran un trabajo agregado a la carga clínica ya establecida^{1,3}.

Cuando surge la integración curricular de la simulación clínica queda expuesta la necesidad de un conocimiento estructurado en simulación. No sólo se trataba de conocer los conceptos anatómicos y fisiológicos propios de la habilidad a desarrollar, sino también la programación de escenarios, instrumentos de evaluación y manejo de *software*, entre otros recursos. Se comenzaron a implementar cursos cortos con el objetivo de estandarizar el conocimiento, a incluir capacitaciones en congresos y a difundir la figura del profesional de la salud dedicado a la simulación clínica¹⁶.

Finalmente, la consolidación de estas estructuras iniciales deriva en la creación de grandes organizaciones, con la capacidad de certificar tanto a los profesionales de este campo como a los centros dedicados a la simulación. En 1995 se celebró el primer evento internacional dedicado a la simulación clínica, denominado *International Meeting on Medical Simulation*¹⁷. En 2004 se fundó la *Society for Simulation in Healthcare*, uno de los principales organismos que ha establecido estándares, certificaciones y guías de buenas prácticas. En enero de 2006 se produce el lanzamiento de la revista *Simulation in Healthcare Journal*, con el doctor David Gaba como editor fundador.

Es de destacar el primer editorial de la revista *Simulation in Healthcare*, titulado «*The future is here. We are it*»¹⁸. Este editorial no sólo marcó el inicio de la revista, sino que plasma la visión de la simulación clínica tanto como una realidad presente como el camino hacia el progreso de la educación y atención médica.

Otras organizaciones regionales como la *Society in Europe for Simulation Applied to Medicine* y la Federación Latinoamericana de Simulación Clínica y Seguridad del Paciente (FLASIC) han jugado papeles fundamentales. La creación de organismos académicos a gran escala ha permitido que se establezca una formación más sólida y multidisciplinaria, que involucra campos como la medicina, la ingeniería biomédica y la pedagogía. Cada vez más, se exige mayor evidencia de la competencia clínica a quienes coordinan o imparten prácticas de simulación¹⁹.

La Sociedad Europea de Medicina Respiratoria (ERS) y la *American Thoracic Society* (ATS) han incluido la simulación clínica y quirúrgica como herramienta educativa formal en los cursos de formación de estudiantes de las especialidades de medicina respiratoria.

La ATS implementó un campo de entrenamiento para médicos residentes que inician su periodo de formación. Durante dos días obtienen conocimientos, habilidades y confianza en diferentes procedimientos realizados en la especialidad a través de un programa inmersivo, como son manejo de vía aérea difícil, broncoscopia, ultrasonido pleuropulmonar y cardíaco, pruebas de función pulmonar y ventilación mecánica; la satisfacción del aprendizaje de los alumnos es alta²⁰. En la ERS la simulación en endoscopia, ultrasonido y manejo de la vía aérea desde hace varios años forma parte de estos programas.

La profesionalización en el área de simulación clínica es una realidad. El proceso formativo necesario para diseñar, implementar y evaluar diferentes escenarios da certeza de una educación orientada hacia la formación de profesionales de la salud competentes. Mantener una capacitación constante es una tarea imprescindible.

SIMULACIÓN CLÍNICA BASADA EN EVIDENCIA

Al existir una organización consolidada que incluye la infraestructura y profesionalización de la simulación clínica, se abrió el camino para demostrar su impacto por medio de la evidencia.

Uno de los estudios más relevantes al respecto es el trabajo de Isenberg, et al.²¹, una revisión sistemática de más de 100 estudios publicada en el año 2005 en la que se responden dos preguntas fundamentales: ¿la simulación realmente funciona como estrategia educativa? y ¿qué condiciones hacen que sea efectiva? El estudio concluyó que la simulación clínica es efectiva para el aprendizaje cuando se cumplen ciertos elementos clave: retroalimentación, repetición de la práctica, integración curricular, variedad de escenarios clínicos, ambiente de aprendizaje controlado y seguro, individualización del aprendizaje, dificultad graduada y medición de resultados con instrumentos validados.

Fue la primera revisión sistemática con un peso académico importante que consolidó a la simulación clínica. En la actualidad es uno de los artículos más citados en la literatura de educación médica y simulación. Trabajos realizados más adelante como el de Wayne, et al.²² y el de Cook, et al.²³ confirmaron los hallazgos expuestos.

La evidencia no sólo se estableció en relación con la efectividad de la simulación como estrategia educativa, sino que también se plantearon otras líneas de investigación como: integración curricular, incorporación de competencias, habilidades no técnicas, evaluación, certificación y seguridad del paciente, entre otras²⁴⁻²⁸.

En un estudio realizado por Barsuk, et al.²⁹ se evaluó un programa de aprendizaje basado en simulación para la colocación de catéter venoso central. Se compararon médicos residentes que realizaron el procedimiento antes de la simulación y médicos que lo realizaron posterior a la misma. Se demostró una reducción significativa de complicaciones en la colocación del catéter venoso central y se incrementó la adherencia a prácticas seguras. Este trabajo muestra la utilidad de la simulación no sólo en la instrucción de técnicas, sino también en la modificación de conductas, algunas tan relevantes como las que involucran la cultura de seguridad del paciente.

En relación con la medicina respiratoria se han llevado a cabo una gran cantidad de estudios en áreas específicas, lo cual ha permitido la realización de revisiones sistemáticas como la publicada en 2023 por Gerretsen, et al.³⁰ con el objetivo de evaluar la efectividad de la formación basada en simulación para enseñar la broncoscopia flexible. Se analizaron 14 estudios, dentro de los cuales 11 reportaron efectos positivos del entrenamiento con la simulación. Destaca que no se pudieron establecer conclusiones definitivas sobre mejoras en el desempeño broncoscópico real en pacientes debido a la heterogeneidad metodológica, lo que pone de manifiesto que aún queda un camino por recorrer para consolidar la evidencia.

En este mismo ámbito, resulta relevante señalar que numerosos investigadores enfocan sus esfuerzos en definir la mejor manera de integrar las nuevas tecnologías. En un estudio publicado por Kim, et al.³¹ se establece un mapa de las necesidades educativas específicas para diseñar programas de realidad virtual en cuidados respiratorios. Destaca la importancia de alinear la simulación con competencias clínicas críticas. Este trabajo constituye un ejemplo representativo de los intentos por avanzar de manera paralela con la generación de evidencia y el desarrollo tecnológico. Asimismo, comienza a tomar protagonismo la aplicación de la inteligencia artificial en escenarios de simulación³².

La evidencia ha consolidado a la simulación clínica como un campo confiable para la formación de profesionales de la salud. El avance de la investigación ha marcado la pauta para implementar estrategias educativas sólidas. Conforme se continúe generando nuevo conocimiento al respecto la simulación seguirá fortaleciéndose.

DESAFÍOS ACTUALES

Las experiencias planteadas hasta ahora ofrecen un marco de referencia que permite un análisis retrospectivo; sin embargo, dichas experiencias también son útiles para abordar los retos pendientes.

A pesar del desarrollo de la simulación clínica en las últimas dos décadas, los desafíos siguen siendo múltiples, principalmente los relacionados con los altos costos de inversión, la profesionalización de los docentes, el rápido desarrollo tecnológico, así como las certificaciones de profesionales y centros de simulación.

La inversión económica necesaria para implementar un centro de simulación clínica para muchos países resulta una limitación muy difícil de cubrir, sobre todo en ambientes hospitalarios, por lo que el trabajo conjunto con IES que cuentan con los recursos para la implementación deberá ser una tarea colaborativa continua. El trabajo conjunto, por encima de los esfuerzos aislados, constituye un factor determinante en este sentido.

Otro desafío importante es el relacionado con la profesionalización. La falta de reconocimiento formal del rol de educador en simulación clínica en muchos sistemas de salud parece ser una tarea pendiente. Hoy en día, pocos hospitales-escuela cuentan con una plantilla básica de educadores con este perfil, lo cual es fundamental para asegurar médicos en formación con mejores habilidades. Resulta primordial fortalecer iniciativas como las capacitaciones de sociedades internacionales, entre las que destaca la EUSIM, los congresos internacionales y los eventos académicos nacionales como SIMEX, los cuales constituyen espacios clave para el desarrollo y la consolidación académica.

Nos enfrentamos también a la brecha entre disponibilidad tecnológica y formación pedagógica del personal. Parece que, desafortunadamente, es difícil igualarla en el corto y mediano plazo; sin embargo, nuevamente la colaboración con las IES puede constituir un factor determinante para abordar esta problemática y avanzar a la par del desarrollo tecnológico.

Finalmente, existe una necesidad de estandarizar las certificaciones a nivel nacional, ya que en México y en gran parte de Latinoamérica aún se encuentra en etapas iniciales. El organismo con mayor impacto en la certificación en Latinoamérica es FLASIC, con capacidad de certificar centros de simulación; sin embargo, aún se encuentra trabajando para implementar la certificación de educadores. En México la SOMESICS ha desarrollado una plataforma de certificación nacional de profesionales y acreditación de programas o centros de simulación.

Resulta interesante dirigir la atención hacia los desafíos que se presentan en la actualidad, ya que sólo a través de ellos será posible aplicar las lecciones adquiridas para seguir avanzando hacia una simulación clínica de excelencia.

BIBLIOGRAFÍA

1. Rosen KR. The history of medical simulation. *J Crit Care.* 2008;23(2):157-66.
2. Gordetsky JB, Rais-Bahrami S, Rabinowitz R. Annie, Annie! Are you okay?: Faces behind the Resusci Anne cardiopulmonary resuscitation simulator. *Anesth Analg.* 2020;131(2):657-9.
3. Bradley P. The history of simulation in medical education and possible future directions. *Med Educ.* 2006;40(3):254-62.
4. Cooper JB, Taqueti VR. A brief history of the development of mannequin simulators for clinical education and training. *Qual Saf Health Care.* 2004;13(Suppl 1):i11-8. Erratum in: *Qual Saf Health Care.* 2005;14(1):72.
5. Sreedharan JK, Gopalakrishnan GK, Jose AM, et al. Simulation-Based Teaching and Learning in Respiratory Care Education: A Narrative Review. *Adv Med Educ Pract.* 2024;15:473-86.
6. McSparron JI, et al. Simulation in pulmonary and critical care medicine: technology, training, and outcomes. *Ann Am Thorac Soc.* 2015;12(10):1557-64.

7. Raemer D. CMS' Dan Raemer has a memorable visit with Stephen Abrahamson, PhD [Internet]. Boston: Center for Medical Simulation; 2015 [citado el 3 de agosto de 2025]. Disponible: <https://harvardmedsim.org/blog/dan-raemer-meets-stephen-abrahamson/>
8. Ogden PE, Cobbs LS, Howell MR, Sibbitt SJ, DiPette DJ. Clinical simulation: importance to the internal medicine educational mission. *Am J Med.* 2007;120(9):820-4.
9. Ziv A, Wolpe PR, Small SD, Glick S. Simulation-based medical education: an ethical imperative. *Acad Med.* 2003;78(8):783-8.
10. Bienstock J, Heuer A. A review on the evolution of simulation-based training to help build a safer future. *Medicine (Baltimore).* 2022;101(25):e29503.
11. Gaba DM, DeAnda A. A comprehensive anesthesia simulation environment: re-creating the operating room for research and training. *Anesthesiology.* 1988;69(3):387-94.
12. Institute for the Future. A model world: simulation literacy and the future of virtuality [Internet]. Palo Alto (CA): Institute for the Future; 2004 [citado el 3 de agosto de 2025]. Disponible en: https://legacy.iftf.org/uploads/media/SR-1121_simulation_memo.pdf
13. Elendu C, Amaechi DC, Okatta AU, Amaechi EC, Elendu TC, Ezech CP, et al. The impact of simulation-based training in medical education: a review. *Medicine (Baltimore).* 2024;103(27):e38813.
14. Buléon C, Caton J, Park YS, et al. The state of distance healthcare simulation during the COVID-19 pandemic. *Adv Simul.* 2022;7(1):10.
15. Diaz-Guio DA, Ríos-Barrientos E, Santillán-Roldan PA, et al. Online-synchronized clinical simulation: an efficient teaching-learning option for the COVID-19 pandemic time and: beyond. *Adv Simul.* 2021;6:30.
16. Ahmed RA, Sadideen H, Chambers C, Kapadia Y, MacDonald K, Chow R, et al. Development of a simulation technical competence curriculum for medical simulation fellows. *Adv Simul.* 2022;7:27.
17. University of Rochester Medical Center. Department of Anesthesiology – Medical Simulation Center. Disponible en: <https://www.urmc.rochester.edu/anesthesiology/education/medical-simulation-center> [consultado el 20 de agosto de 2025].
18. Gaba DM. The future's here. We are it. *Simul Healthc.* 2006;1(Spec No.):1-2.
19. Eppich W, Cheng A. Competency-based simulation education: should competency standards apply for simulation educators? *BMJ Simul Technol Enhanc Learn.* 2015;1(1):1-3.
20. Drake MG, Shah NG, Lee M, Brady A, Connors GR, et al. Development of a National Academic Boot Camp to Improve Fellowship Readiness. *ATS Sch.* 2020;2(1):49-65.
21. Issenberg SB, McGaghie WC, Petrusa ER, Gordon DL, Scalese RJ. Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: a BEME systematic review. *Med Teach.* 2005;27(1):10-28.
22. Wayne DB, Butter J, Siddall VJ, Fudala MJ, Wade LD, Feinglass J, et al. Mastery learning of advanced cardiac life support skills by internal medicine residents using simulation technology and deliberate practice. *J Gen Intern Med.* 2006;21(3):251-6.
23. Cook DA, Hatala R, Brydges R, Zendejas B, Szostek JH, Wang AT, et al. Technology-enhanced simulation for health professions education: a systematic review and meta-analysis. *JAMA.* 2011;306(9):978-88.
24. Kneebone R, Nestel D, Wetzel C, et al. The human face of simulation: Patient-focused simulation training. *Acad Med.* 2006;81:919-24.
25. neebone R. Simulation reframed. *Adv Simul (Lond).* 2016;1:27.
26. McGaghie WC, Issenberg SB, Cohen ER, Barsuk JH, Wayne DB. Does simulation-based medical education with deliberate practice yield better results than traditional clinical education? A meta-analytic comparative review. *Acad Med.* 2011;86:706-11.
27. McGaghie WC, Draycott TJ, Dunn WF, Lopez CM, Stefanidis D. Evaluating the impact of simulation on translational patient outcomes. *Simul Healthc.* 2011;6(Suppl):S42-7.
28. Hall AK, Giffin NA, Tavares W, Sundar P, Tsang JLY, Wang EEL. Entrustable professional activities for simulation faculty?! A novel approach to standardizing mentorship and faculty development for healthcare simulation programs. *Int J Healthc Simul.* 2022;2(Suppl 1):A72-3.
29. Barsuk JH, McGaghie WC, Cohen ER, O'Leary KJ, Wayne DB. Simulation-based mastery learning reduces complications during central venous catheter insertion in a medical intensive care unit. *Crit Care Med.* 2009;37:2697-701.
30. Gerretsen ECF, Chen A, Annema JT, Ten Cate O, Welling A, Witvliet VP, et al. The effectiveness of flexible bronchoscopy simulation-based training: a systematic review. *Chest.* 2023;164(4):941-52.
31. Kim YM, Lee EJ, Kim H, Kim S, Kim HS. Educational needs for virtual reality-based simulation training in the nursing care of adult respiratory patients: an explanatory sequential mixed-methods study. *BMC Med Educ.* 2024;24:612.
32. Karthika M, Muthuswamy S, Samarasam I, et al. Artificial intelligence in respiratory care: opportunities and challenges. *Front Digit Health.* 2024;6:1502434.

Impacto de la seguridad psicológica en el desempeño clínico mediante simulación

Ariana Cerón Apipilhuasco

INTRODUCCIÓN

El contexto actual de las prácticas asistenciales presenta importantes limitaciones para la formación, tanto en el área médica como en la de enfermería. Estas restricciones reducen las oportunidades de práctica, dificultan la estandarización de los procedimientos y limitan el entrenamiento continuo, lo que perpetúa un modelo educativo tradicional centrado principalmente en conceptos teóricos. En respuesta a esta problemática, y gracias a los avances en ciencia, tecnología y el diseño de nuevos materiales, en los últimos años se han desarrollado dispositivos y maniqués que permiten reproducir procedimientos clínicos de manera simulada. La simulación aplicada con fines pedagógicos se define como la utilización de diversos métodos de réplica artificial de fenómenos, procesos o situaciones del mundo real, con el propósito de alcanzar objetivos académicos previamente establecidos¹.

Los defensores de estos métodos de enseñanza basados en la simulación aseguran que con esta alternativa se puede lograr el nivel de experiencia requerido de una manera más segura y eficaz, a pesar de su alto costo, al mismo tiempo que se superan los cuestionamientos éticos de los métodos tradicionales. El entrenamiento basado en simulación (SBT) ha ganado mucha atención, ya que puede mejorar la seguridad de los pacientes y aumentar la competencia del alumno. Las revisiones sistemáticas muestran que el SBT proporciona beneficios consistentes en la educación médica².

En la actualidad existe evidencia clara de que la simulación es una herramienta educativa que permite lograr objetivos específicos con seguridad y eficacia. Un ejemplo es el metaanálisis realizado por Sun, et al. sobre el manejo de la vía aérea que evalúa el SBT versus entrenamiento no basado en simulación, logrando demostrar, dentro de las limitaciones de los datos existentes y de los enfoques analíticos utilizados, que el SBT se asocia con la mejora del rendimiento del comportamiento del alumno y el aumento del interés y la satisfacción³.

La identificación del problema permite reconocer y describir la situación que genera la necesidad de investigar, destacando su relevancia en el contexto actual. A nivel mundial, se ha identificado como una necesidad urgente la implementación de modelos de educación interprofesional que favorezcan la práctica colaborativa en el ámbito de la salud. Este desafío se acentúa por los constantes avances tecnológicos y sociales de las últimas tres décadas, que han transformado la atención sanitaria, especialmente en áreas como el quirófano. Dichos cambios han generado la necesidad de capacitar de manera continua al personal de salud y de establecer protocolos de actuación que garanticen la calidad de la atención y la seguridad del paciente como eje central⁴.

La seguridad del paciente no tuvo apenas relevancia en el ámbito sanitario, y más concretamente en el bloque quirúrgico, hasta finales de la década de 1990. El *Institute of Medicine* de EE.UU. publicó un reputado estudio en el año 1999, llamado *To Err Is Human*, en el que afirma que en los hospitales de EE.UU. fallecen entre 44,000 y 98,000 pacientes al año por errores que se pueden prevenir. A raíz de esta publicación, se comenzó a investigar y mejorar las medidas de seguridad para atajar un problema que hasta entonces no se había detectado.

En respuesta a la necesidad mundial sobre la estrategia para el acceso y cobertura universal de salud, en Latinoamérica se tienen avances en la reforma de sistemas de salud y acceso equitativo a servicios de salud. Una de las principales barreras en todos los países es la disponibilidad de recursos humanos capacitados para trabajar en el contexto de los modelos y las necesidades de atención de salud del país.

En la actualidad, los daños que sufren los pacientes a causa de una atención poco segura constituyen un desafío importante y creciente para la salud pública mundial, y son una de las principales causas de muerte y discapacidad en todo el mundo. La mayor parte de estos daños son evitables. La relevancia de la cultura de seguridad ha sido ampliamente estudiada en la última década y enfatizada por la Organización Mundial de la Salud, la Agencia Nacional para la Seguridad del Paciente, y la Agencia para la Investigación y la Calidad de la Atención Sanitaria. Aun así, la cultura de seguridad del paciente es un concepto relativamente poco reportado en la literatura sanitaria latinoamericana y particularmente en México, en donde la mortalidad tiene las cifras más altas por falta de seguridad en la atención del paciente. Los sistemas de salud son notablemente complejos, ya que integran redes de profesionales, múltiples entornos y tecnologías de amplio alcance. Además, estos sistemas deben adaptarse iterativamente en respuesta a los desafíos externos y locales, garantizando al mismo tiempo la seguridad del paciente. Las exigencias que se les imponen siguen creciendo en paralelo a las expectativas de la sociedad. Los costos económicos que conllevan los fallos de seguridad son elevados. A menudo se reduce la confianza del público en los sistemas de salud locales cuando se dan a conocer estos accidentes. El personal de salud implicado en sucesos graves que implican la muerte o un daño grave a un paciente también puede sufrir un deterioro psicológico duradero y sentimientos de culpa y autocrítica muy arraigados⁵.

Existen muchas causas por las cuales la seguridad del paciente se ve afectada, entre las que se encuentra la falta de capacitación al personal de salud, desapego a la normatividad de cada institución, falta de educación interprofesional, así como desconocimiento de herramientas de comunicación, que son un elemento fundamental en la cultura de seguridad, indispensables para el intercambio de información sobre el estado, la evolución y las necesidades de los pacientes, así como para la coordinación de equipos y tareas. Está comprobado que los equipos de alto rendimiento necesitan un sistema de comunicación cerrado para que las indicaciones y funciones específicas sean concretas y eficientes, y con alta repercusión positiva en el paciente. Se han desarrollado estrategias que nos permiten conocer nuestras áreas de mejora, teniendo la oportunidad de contar con momentos de reflexión, acompañamiento y escucha de las opiniones de todos con el objetivo de cambiar, modificar el proceso con el único objetivo de disminuir la mortalidad de los pacientes, y mejorar el ambiente laboral⁶.

Una de las herramientas que se utilizan para mejorar nuestra comunicación con el equipo de trabajo es a través del *debriefing* tras la realización de guardias, pases de visita o eventos en el ámbito de la salud, en donde se fomenta la reflexión conjunta, se favorece

el aprendizaje colaborativo y se permiten ajustes continuos en los equipos de trabajo, contribuyendo además a la mejora de forma continua y a la capacidad de adaptación de los sistemas de salud. El *debriefing* clínico con momentos en donde se conversa bajo un esquema guiado con todos los integrantes que participaron en un evento, con el objetivo de reflexionar, interpretar y extraer los elementos que ocurrieron en éste, se ha sido comprobado que mejora tanto los procesos de equipo como los resultados para los pacientes. Los temas a discutir deben ser elementos alcanzables, a corto y mediano plazo, así como asuntos que puedan resolverse de forma sencilla, para que el personal no se desmotive y no vea factible los cambios, teniendo como resultado el involucramiento de todo el personal y se vean reflejado los cambios⁷.

El impacto que tiene mantener una cultura de comunicación, respeto por lo demás teniendo como centro la seguridad del paciente, tiene un impacto positivo en el rendimiento financiero de las instituciones de salud, subrayando su papel crucial en el desarrollo continuo de los miembros del equipo, en la mejora de los sistemas de salud, la optimización de la calidad en la asistencia y su sostenibilidad, con el potencial de reducir los errores u omisiones en la atención médica. También se ha observado que esta herramienta de reflexión al final de un evento crítico puede ayudar a disminuir el agotamiento y mejorar el bienestar y la resiliencia del personal.

Mantener una comunicación efectiva con todo el equipo de trabajo después de una pandemia como la de la COVID-19 es crucial por varias razones, que afectan tanto el bienestar del equipo como la eficiencia organizacional, ya que permite la adaptación a nuevos entornos de trabajo híbridos o remotos, que la pandemia aceleró. Una comunicación clara y constante permite que los equipos se adapten de manera eficiente a estos cambios y promueve la colaboración a pesar de la distancia física⁸.

Es importante conservar el bienestar emocional y la salud mental, dado que el estrés y la ansiedad relacionados con la pandemia afectaron a la gran mayoría del personal de salud. La comunicación abierta y frecuente entre los equipos ayuda a abordar el bienestar emocional, pues proporciona un espacio para expresar preocupaciones y recibir ayuda.

Se debe considerar también la coordinación y alineación en tiempos de incertidumbre durante y después de un evento crítico; muchas organizaciones experimentaron cambios en sus estrategias, procedimientos y metas. Mantener una comunicación fluida es clave para asegurar que todos los miembros del equipo estén alineados con los nuevos objetivos y procedimientos⁹.

Fortalecer al equipo a través de la confianza, capacitación y comunicación constante refuerza la confianza entre los miembros del equipo y fomenta una cultura de ayuda mutua, lo que es esencial para enfrentar desafíos futuros¹⁰.

Es importante considerar que, a pesar de realizar una buena introducción o un excelente *briefing* y una atención muy especial en el tipo de personas, cultura, espacio, la facilitación de la conversación puede ser complicada, ya que el facilitador puede enfrentarse a un estudiante que no esté en condiciones de poder aceptar una conversación reflexiva. Este tipo de estudiantes puede necesitar un manejo diferente, por ejemplo, adoptar un enfoque de enseñanza y aprendizaje que sea más interactivo con un grupo más pequeño de alumnos, pues a veces no les gusta hablar en público porque se sienten muy expuestos, y es importante mantener la seguridad psicológica, que está muy relacionada con las emociones que se manejan y se provocan durante la simulación.

Actualmente la seguridad psicológica es un tema de suma importancia, dado que las emociones son un tema de gran relevancia para poder mantener esta seguridad que

permite realizar reflexiones de alto nivel y con gran valor en el aprendizaje. Éste es un tema muy relevante y de gran reto, ya que de no conseguir este ambiente el *debriefing* no se puede llevar de forma efectiva, motivo por el cual es un gran reto reconocer las emociones y validarlas. En el sector salud este tema es complicado por el tipo de actividades que se realizan; sin embargo, es en donde se debe poner mayor atención para que el aprendizaje pueda llevarse a cabo.

En el ámbito de la salud, los profesionales no sólo enfrentan desafíos físicos y técnicos, sino que también deben lidiar con demandas emocionales que pueden afectar su rendimiento y bienestar. La salud emocional y el bienestar de los trabajadores sanitarios son componentes esenciales para garantizar una atención de calidad a los pacientes. En este capítulo se explora por qué es crucial atender la salud emocional de estos profesionales, analizando su impacto en la calidad de atención, la prevención del agotamiento profesional, la productividad y la satisfacción laboral, así como la adaptación a situaciones críticas.

En principio, una emoción es información. Información muy poderosa e íntima, podríamos decir, un toque de atención que sitúa a cada uno en el presente, pues, como acabamos de señalar, hace referencia a lo que vivimos y sentimos ahora, en este instante concreto.

El miedo, la rabia, la alegría y la tristeza son cuatro cualidades diferentes de energía, todas ellas perfectamente reconocibles en el cuerpo y que poseen funciones distintas, específicas. Desde una perspectiva psicoterapéutica, el energético es casi con seguridad uno de los aspectos más relevantes de las cuatro emociones básicas; merecerá, por ello, una especial atención en este texto.

Darse cuenta es reconocer o tomar conciencia de que existe una determinada emoción dentro de nuestro registro corporal y cognitivo del momento. Esa emoción nos lleva a contactar con nosotros mismos (interioridad) y a gestionar la interacción con el otro (exterioridad).

La emoción, pues, nos permite reconocer que existen, de forma bien diferenciada, una interioridad (también se podría decir un mundo interno) y una exterioridad (un mundo externo). Esto resulta capital, ya que, precisamente a través del contacto con uno mismo y con el otro, el ser humano que no es del todo autosuficiente ni tampoco del todo dependiente se va desarrollando como individuo.

En nuestra condición de organismos vivos, las personas vamos experimentando desequilibrios que determinan necesidades. La sed, por ejemplo, es una señal de un desequilibrio y determina la necesidad de hidratarse. Así como en nuestro desarrollo individual tendremos que aprender a gestionar la necesidad de nutrarnos, también tendremos que aprender a gestionar nuestra necesidad de establecer contacto con el otro.

Primero, habremos de reconocer esa necesidad en nosotros mismos, en nuestro mundo interno. Después, tendremos que ver cómo la gestionamos externamente, en la interacción. Estas dinámicas interna y externa representan la base del desarrollo psíquico de una persona. Reconocer las dinámicas interna y externa de lo que cada uno siente (cómo lo siento, qué me digo ante lo que siento y qué hago –qué acción emprendo o dejo de emprender– a partir de eso) implica una ampliación de la conciencia.

Tal expansión de conciencia permite dos cosas:

- Reconocer las actitudes propias, incluidas las que nos hacen sufrir.
- Ver cómo, de qué manera, podemos equilibrarlas.

Las emociones siempre están relacionadas con algo o con alguien, ya sea algo interno o externo. Ese algo interno, y ese algo externo nos da la dimensión sistémica que en los últimos 50 años se ha incorporado a la visión del psiquismo, y sobre lo que volveremos seguramente varias veces¹¹.

Como hemos dicho, las emociones nos permiten tomar conciencia, darnos cuenta: el ser humano que ya nació social no es una máquina fotográfica que va grabando cosas, como ideas o figuras. Son las emociones las que permiten reconocer desde una conciencia individual cómo cada individuo se dice las cosas y cómo tiene conciencia de su ser social, de su existencia con los otros.

El ser humano es, en su esencia, social, puesto que, como estamos viendo, la relación con el otro está en la base misma de su desarrollo psíquico en cuanto individuo y especie. Esto, que parece una obviedad, no lo es tanto en la práctica, y prueba de ello es que toda nuestra cultura se despliega en el marco de un paradigma (el individualista) que, precisamente, considera al individuo (a ese que se dice a sí mismo yo) como algo separado, autónomo y desconectado respecto de sus semejantes.

La dimensión social de lo emocional es evidente también en la transmisión y dinámica de las emociones, experimentadas a través del gesto, del lenguaje y del contacto.

En el plano del lenguaje, distintos tipos de lenguaje, se produce una transmisión de formas de interacción social elaboradas a lo largo de miles de años. Esa resonancia en cada persona o grupo posee una dimensión propia, no es una mera repetición.

Gracias al desarrollo del lenguaje no sólo tenemos la vivencia presente de la emoción, sino también la capacidad de realizar una interpretación de la misma. Resultados de esta función de nuestra corteza cerebral tan desarrollada del lenguaje son, por ejemplo, el teatro y la danza, actividades exclusivamente humanas en las que se interpreta una emoción (cosa que los mamíferos menos desarrollados que el ser humano no pueden hacer: un perro vive una emoción y, a partir de ella, en algunos casos crea cierto vínculo, pero no la puede interpretar por carecer de ese sistema de orden llamado lenguaje).

REPERCUSIÓN DE UNA ADECUADA SEGURIDAD PSICOLÓGICA BAJO LA METODOLOGÍA DE SIMULACIÓN

La relación entre la salud emocional de los profesionales de la salud y la calidad de la atención que brindan es directa y significativa. En diversos estudios se ha demostrado que los profesionales que se sienten emocionalmente saludables tienden a ser más empáticos, atentos y eficaces en su trabajo. Por otro lado, los que sufren de estrés o agotamiento pueden experimentar una disminución en su capacidad para concentrarse y tomar decisiones acertadas, lo que podría traducirse en errores clínicos y en una atención menos compasiva hacia los pacientes. Así, la salud emocional no sólo es vital para el bienestar del personal, sino que también se convierte en un componente crítico para la seguridad y el bienestar de los pacientes.

La salud emocional también tiene un impacto significativo en la productividad y eficiencia de los trabajadores sanitarios. Los profesionales que se sienten respaldados emocionalmente suelen estar más motivados y tienen un mejor rendimiento en sus tareas. Un entorno de trabajo saludable que promueva la salud emocional fomenta la colaboración y la comunicación efectiva entre los miembros del equipo. Esto no sólo

mejora la moral del personal, sino que también contribuye a la creación de un ambiente de trabajo positivo, en el que se optimizan los recursos y se maximiza la atención al paciente.

El bienestar emocional influye directamente en la satisfacción laboral de los profesionales de la salud. Un mayor enfoque en la salud emocional puede traducirse en un ambiente de trabajo más satisfactorio, donde los profesionales se sienten valorados y respaldados. Este incremento en la satisfacción laboral se asocia con un aumento en la motivación, lo que resulta en un ciclo positivo de atención y compromiso. Los trabajadores que experimentan satisfacción en su labor son más propensos a cuidar a sus pacientes con dedicación y esmero¹².

SEGURIDAD PSICOLÓGICA DURANTE LA SIMULACIÓN Y EL DEBRIEFING

Durante la simulación no solamente buscamos este bienestar emocional, sino que también se busca mantener la seguridad psicológica para propiciar el momento de la reflexión y poder realizar cambios de forma genuina y convencidos de que es por el bien del paciente y para mejorar nuestro ambiente de trabajo. Las sesiones informativas deben promover la reflexión y ayudar a los alumnos a dar sentido a los acontecimientos. Las amenazas a la seguridad psicológica pueden socavar las conversaciones de aprendizaje reflexivo e inhibir la transferencia de lecciones clave de los casos simulados al contexto general de atención al paciente.

El *debriefing* efectivo requiere de altos grados de seguridad psicológica: la percepción de que es seguro tomar riesgos interpersonales y que uno no se sentirá avergonzado, rechazado o castigado por decir lo que piensa, no saber o hacer preguntas¹³.

El *debriefing* realizado con gran eficacia ayuda a los alumnos a dar sentido a los hechos y, a través de la reflexión, fomenta la transferencia del aprendizaje de los casos simulados al contexto general de la atención al paciente¹⁴.

Es frecuente que todo el personal de salud cometa errores cuando realiza un procedimiento nuevo o lleva tiempo sin realizarlo. Los facilitadores deben permitirles reflexionar sobre estos errores. Pero en la realidad la cultura organizacional tiende a considerar los errores como algo que hay que evitar –que se castigan sin una retroalimentación efectiva que pueda dar continuidad a dicho proceso– y a los logros normalmente se otorga una premiación sin aportar un seguimiento para que se pueda continuar con el proceso y mejorarlo, o bien desconociendo cómo es el proceso, que es peor porque la persona operativa no conoce cómo se deben realizar los procesos, y eso provoca inseguridad, miedo y frustración al realizar el proceso¹⁵.

En un equipo la seguridad psicológica es alta cuando sus miembros perciben «una sensación de confianza de que el equipo no avergonzará, rechazará o castigará a alguien por hablar. Esta confianza se deriva del respeto mutuo y la confianza entre los miembros del equipo». La seguridad psicológica no es estable, sino que más bien es una percepción dinámica y frágil. Particularmente en contextos interprofesionales e interdisciplinarios, no todos los miembros de un equipo pueden experimentar el mismo grado de seguridad psicológica en un momento dado. Por ejemplo, los médicos que participan en una sesión informativa de equipo pueden tener una mayor sensación de seguridad psicológica entre sí en comparación con las enfermeras, o viceversa.

SEGURIDAD PSICOLÓGICA EN EL DEBRIEFING

La seguridad psicológica sustenta una variedad de resultados como la creatividad, el compromiso, el rendimiento, el intercambio de información, la expresión y el aprendizaje. En consecuencia, contar con seguridad psicológica es una condición necesaria para que un equipo de trabajo funcione de forma efectiva, dado que se tiene la confianza que todos respaldan el trabajo que cada uno desempeña en una situación, sobre todo en acciones críticas. Sin embargo, esta necesidad contrasta fuertemente con la práctica organizacional típica. La cultura organizacional, tanto en el sector sanitario como en otras industrias, tiende a ver implícitamente los errores como un «delito» que hay que castigar o algo que hay que evitar.

En algunos entornos sanitarios y determinadas especialidades se tienen comportamientos como maltratar, menospreciar, criticar, temer las conferencias sobre morbilidad y mortalidad como un lugar de «vergüenza y culpa», en lugar de aprendizaje. Las conductas que suelen tener los jefes son recompensar a las personas por no cometer ningún error o corregirlos rápidamente, pero no por hablar de ellos. Como consecuencia, cuando cometen errores, piden ayuda o buscan retroalimentación, es comprensible que experimenten miedo, ansiedad y vergüenza. Tienden a participar en acciones para salvar las apariencias, como la retirada, la renuencia a pedir ayuda y revelar errores y críticas. Especialmente cuando los estudiantes ya se sienten ansiosos, las violaciones de la seguridad psicológica pueden hacer que sea más probable que los estímulos ambiguos se vean como amenazas, ya que las emociones enmarcan la forma en que las personas procesan la información. Estos hallazgos ayudan a explicar por qué las acciones inocentes y aparentemente inocuas por parte de los *debriefers* pueden desencadenar inadvertidamente una actitud defensiva, retraída o combativa. La participación continua de los alumnos en una sesión informativa puede depender de cómo los educadores aborden la ansiedad, la frustración, el miedo, la renuencia a participar o las violaciones más dramáticas de la seguridad psicológica. Los alumnos deben sentirse seguros para ser vulnerables y participar en la toma de riesgos, como admitir que no saben algo o que cometieron un error. Sin esta honestidad en el aprendizaje, es posible que los educadores no logren identificar razones importantes detrás de las brechas en el rendimiento. La seguridad psicológica anima a los alumnos a «intentar y equivocarse en el límite de la experiencia, donde el conocimiento y las habilidades pueden o no ser suficientes para evitar errores».

La tensión entre el deseo de seguridad psicológica para fomentar las conversaciones de aprendizaje, por un lado, y la cultura organizacional o las normas que suprimen la seguridad psicológica, por el otro, plantea un desafío para muchos *debriefers*. En lugar de simplemente reforzar las prácticas que existen en otras partes de la organización, los *debriefers* pueden sentir a veces que tienen que crear una isla de seguridad psicológica durante los *debriefings*. Esto hace que su trabajo sea más difícil, pero puede motivar a los educadores a identificar estrategias para mejorar la seguridad psicológica durante las sesiones informativas. Si esta situación es compleja en las aulas, imaginémosla ahora en los ambientes hospitalarios, en donde el estrés es mayor por el tipo de actividades que desempeñamos; sin embargo, se busca que, a través de nuestra capacitación mediante estrategias de simulación, se puedan mejorar los ambientes educativos¹⁶.

Un término que utilizamos mucho en simulación es el de contenedor seguro de aprendizaje, que en alguna literatura científica es la metáfora de un «contenedor» o «entorno de espera» psicológicamente seguro que se origina en las disciplinas psicoanalíticas y ayuda a los educadores de simulación a comprender cómo ayudar la toma de riesgos de los

alumnos al servicio del aprendizaje. Se ha descrito este contenedor para el *debriefing* como un «contexto en el que las conversaciones difíciles, las emociones o la retroalimentación potencialmente amenazante pueden tolerarse y transformarse en material generativo en el proceso de aprendizaje». En este espacio, lo ideal es que los alumnos se sientan seguros para sentirse incómodos, o confiar en que tendrán ayuda para manejar los sentimientos difíciles y la ansiedad, una característica importante del aprendizaje experiencial nutritivo. Cada vez se reconoce más que la reducción de las amenazas a la identidad profesional y social es absolutamente esencial para el aprendizaje en grupo.

La idea detrás del recipiente de contención es la creación de un espacio seguro y simbólico donde los pacientes puedan depositar todas sus preocupaciones, ansiedades, traumas y pensamientos perturbadores. Este recipiente es lo suficientemente grande como para contener todas estas emociones y pensamientos, independientemente de cuán abrumadores puedan ser. La metáfora del recipiente proporciona una representación visual de la idea de «poner a un lado» o «dejar de lado» las emociones y pensamientos problemáticos durante la reflexión de simulación.

HERRAMIENTAS PARA OBTENER UN CONTENEDOR SEGURO DE APRENDIZAJE

No existe suficiente literatura científica sobre muchos aspectos de la seguridad psicológica: cómo se desarrolla, qué la promueve o la amenaza y qué puede dañarla irreparablemente, para identificar las acciones que contribuyen a la seguridad psicológica durante las sesiones informativas.

Lo explícito y lo implícito van más allá de lo verbal y lo no verbal, respectivamente, y pueden implicar acciones y pensamientos contradictorios. Esa contradicción puede amenazar la percepción de seguridad psicológica. En los *debriefings*, las acciones explícitas e implícitas deben complementarse, en lugar de contradecirse entre sí. Los docentes involucrados en la formación o capacitación continua han experimentado situaciones de *debriefing*. Los *debriefers* pueden afirmar que aprecian al alumno e invitarlo a compartir abiertamente sus pensamientos (explícito), mientras que a veces transmiten desinterés al no hacer una pausa después de una pregunta e interrumpir o hablar por encima de los alumnos (implícito).

La distinción entre acciones explícitas e implícitas nos permite enfatizar la necesidad de integridad conductual o congruencia entre mensajes explícitos e implícitos. Como *debriefers*, debemos ser coherentes en lo que decimos. Por ejemplo, las declaraciones de curiosidad podrían ir acompañadas de un contacto visual adecuado, una forma abierta de preguntas, hacer una pausa, escuchar y, potencialmente, parafrasear y hacer preguntas abiertas adicionales¹⁷.

El *prebriefing* previo al SBT representa un momento ideal para participar en acciones que contribuyan a establecer la seguridad psicológica. Las acciones implícitas como el tono de voz, el ritmo, la expresión facial, la inclusión del punto de vista de los alumnos y tener una alta consideración por los estudiantes también son importantes en esta etapa. Al comienzo del *debriefing*, los educadores pueden reiterar explícitamente muchas de las acciones tomadas para establecer la seguridad psicológica antes del *debriefing*, especialmente si algunos participantes no están familiarizados con los *debriefings*:

- Se debe explicar en qué consiste el *debriefing* y el papel de los facilitadores, los participantes y cualquier observador potencial.

- Se invita al participante activamente a reflexionar sobre sí mismo y a descubrirlo y apreciarlo por hacerlo.
- Se debe transmitir el compromiso de respetar a los participantes y comprender su perspectiva.

Las acciones implícitas también pueden transmitir respeto y curiosidad, como llegar lo suficientemente temprano para dar la bienvenida a los alumnos y estar atento a ellos, y mantener en buena opinión a los participantes y *codebriefers*. Se han estudiado algunas recomendaciones para mejorar el proceso, como:

- Encuentre un espacio tranquilo y privado.
- Organice el espacio de reunión informativa para promover la discusión con sillas, sin mesas, para que no existan barreras.
- Siéntese a la altura de los ojos y tome una posición entre los participantes, en lugar de la cabecera de la mesa.
- Sentarse al lado de un alumno potencialmente vulnerable sirve como una forma de protegerlo si se siente amenazado durante el escenario.
- Al elegir dónde sentarse, asegúrese de poder mantener el contacto visual con todos y tener acceso a un reloj.

Cuando la seguridad psicológica se ve amenazada o violada, la conversación adquiere una sensación falsa o hueca, que se vuelve desagradable para todas las partes involucradas en el *debriefing*. Es importante y desafiante para los *debriefers* reconocer estas brechas y resistir la tendencia a culpar al alumno, y en su lugar reconocer sus propias contribuciones potenciales a las amenazas a la seguridad psicológica.

El gran reto que se tiene es usar las acciones explícitas e implícitas mientras se tiene en cuenta al alumno para restaurar la seguridad psicológica, incluyendo:

- Transmitir un afecto positivo (p. ej., realizar contacto visual): validar y normalizar las preocupaciones de los alumnos.
- Pedir disculpas a los alumnos cuando expresan frustración por el realismo y los sentimientos de que fueron engañados, y si creen que pueden haberles causado un rendimiento inferior.

Todo ello constituye un gran reto para la educación, sin embargo, cada día los docentes se están capacitando para mejorar sus habilidades de comunicación y mejorar los ambientes educativos, así como laborales, a través de simulación¹⁸.

BIBLIOGRAFÍA

1. López S, Ramos L. La simulación clínica como herramienta de aprendizaje. *Cir May Amb*. 2012;25-9.
2. Gómez P, Ramírez M. Salud emocional y bienestar en profesionales de la salud. *Médica Int*. 2019;20-9.
3. So HY, Wong G. Simulation in medical education. *J R Coll Physicians Edinb*. 2019;49:52-7.
4. Hernández R, Fernández C, Baptista P. Metodología de la investigación. 6.ª ed. México: McGraw-Hill; 2014.
5. Díaz Navarro AR. Evaluation of TALK training for professional clinical debriefing in Latin America. *Arch Med Res*. 2024;55-69.
6. Eppich W, Cheng A. How cultural-historical activity theory can inform interprofessional team debriefings. *Clin Simul Nurs*. 2015;11(8):383-9.
7. Motola, I., Devine, L. A., Chung, H. S. et al. Simulation in healthcare education: A best evidence practical guide. *Med Teach*. 2013;35(10):e1511-30.
8. He M, Harris Ll. The impact of COVID -19 pandemic on corporate social responsbaility and marketing philosophy. *J Bus Res*. 2020;116:176-82.
9. Dirani KA. Leadership competencies and the essential role of human resource development in times of crisis: A response to COVID 19. *Human Resource Development International*. 2020:380-94.
10. Seeger M, W. P. A Pechta, LE, Price, SM, et al. conceptual model for evaluating emergency risk communication in public health crises. *Health Security*. 2020:246-55.

11. Fernández-Berrocal P, Ruiz D. La inteligencia emocional en la educación. En: Ruiz D, Fernández-Berrocal P. La inteligencia emocional en la educación. España: PsicoSalud; 2021. p. 421-36.
12. Serna Corredor DS, Martínez Sánchez LM. Estrategias de manejo emocional en el personal sanitario. *Revista de Psicología y Salud Ocupacional*. 2020;45-58.
13. Kolbe M, Eppich W, Rudolph J. Gestión de la seguridad psicológica en las sesiones informativas: un acto de equilibrio dinámico. *Simul Technol Enhanc Learn*. 2020;164-71.
14. Cheng A, Eppich W, Grant V, Sherbino J, Zendejas B, Cook DA. Debriefing para la simulación mejorada por la tecnología: una revisión sistemática y metaanálisis. *Med Educ*. 2014;48(7):657-66.
15. EH, S. ¿Como pueden las organizaciones aprender más rápido? El reto de entrar en la sala verde. *Sloan Management Review*. 1993;85-92.
16. Rudolph JW, Raemer DB, Simon R. Establishing a safe container for learning in simulation: the role of the presimulation briefing. *Simul Healthc*. 2014;9(6):339-49.
17. Foulk T, Woolum A, Erez A. Catching rudeness is like catching a cold: The contagion effects of low-intensity negative behaviors. *J Appl Psychol*. 2016;101(1):50-67.
18. Edmondson AC, Lei Z. Psychological safety: The history, renaissance, and future of an interpersonal construct. *Annual Review of Organizational Psychology and Organizational Behavior*. 2014;1(1):23-43.

La evolución de la neumología a neumología-medicina crítica. El lugar de la simulación clínica en el entrenamiento

Josué Daniel Cadeza-Aguilar, Carmen Margarita Hernández Cárdenas, Jorge Salas-Hernández, José Rogelio Pérez-Padilla y Juan Carlos Vázquez-García

INTRODUCCIÓN

28

En este capítulo se analiza la historia, las contribuciones y los logros de la evolución de la neumología a neumología-medicina crítica y el papel de la simulación clínica como parte fundamental para generar competencia en las habilidades y destrezas de la especialidad. La integración de la neumología con la medicina crítica surge como respuesta a la creciente complejidad de las enfermedades respiratorias y la necesidad de atención especializada en pacientes críticos. Originalmente, la neumología se enfocaba en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades respiratorias crónicas e infecciosas, como la tuberculosis. Con el avance de la ventilación mecánica, la creación de unidades de cuidados intensivos (UCI) y el incremento de enfermedades respiratorias graves, se evidenció la necesidad de que los neumólogos desarrollaran competencias en medicina crítica. Este proceso se aceleró con la aparición de pandemias respiratorias, como la influenza A (H1N1) en 2009 y la de la COVID-19 en 2020, que demostraron la importancia de contar con especialistas capaces de manejar insuficiencia respiratoria aguda, ventilación mecánica avanzada y soporte vital en entornos críticos. En muchos países, incluido México, se consolidó la formación dual en neumología y medicina crítica, lo que permite una atención integral desde el diagnóstico hasta el manejo intensivo. Actualmente, esta integración no sólo mejora la calidad de la atención, sino que también optimiza recursos y fortalece la respuesta ante emergencias sanitarias. Además, fomenta la investigación y la innovación en áreas como la ventilación no invasiva, terapias extracorpóreas y simulación clínica para la capacitación continua.

La simulación clínica es una estrategia educativa que recrea escenarios clínicos para entrenar habilidades técnicas y no técnicas en un entorno seguro, sin riesgo para pacientes reales. La simulación clínica ha evolucionado desde la práctica de vendajes en muñecas de lino en el siglo III a. de C. hasta los modelos de simuladores de alta fidelidad y realidad aumentada en las últimas décadas. En neumología y medicina crítica, prácticamente todo tiene potencial de simularse: ventilación mecánica, intubación, procedimientos de pleura, broncoscopias, manejo hemodinámico, comunicación en crisis y toma de decisiones éticas, etc. Los beneficios en los estudiantes son la adquisición de competencias técnicas

y no técnicas, el reforzamiento y perfeccionamiento de habilidades aprendidas a través de la práctica repetitiva y la evaluación objetiva de habilidades, además de que la simulación incrementa la seguridad del paciente, reduce los errores y mejora la retención del conocimiento. Otro beneficio es que permite entrenar el liderazgo, el trabajo en equipo y la comunicación efectiva, esenciales en las UCI y neumología. Esto permite una curva de aprendizaje más rápida y homogénea, con la posibilidad de repetir procedimientos hasta alcanzar competencia; sin embargo, no sustituye la experiencia clínica real, sino que la complementa.

HISTORIA DE LA NEUMOLOGÍA Y MEDICINA CRÍTICA

La integración de la neumología con la medicina crítica es el resultado de una evolución histórica de ambas especialidades. La primera se desarrolló a finales del siglo XIX y principios del siglo XX como una respuesta a la necesidad de generar especialistas enfocados en la tisiología (tratamiento de la tuberculosis). En México, en 1936 se iniciaron labores en el Sanatorio para Enfermos de Tuberculosis de Huipulco. En 1947, en el Hospital Dr. Manuel Gea González se inauguró un sanatorio para enfermos de tuberculosis, que desde su inicio contaba con una residencia médica en tisiología. En 1949 ya existía una residencia médica en el Sanatorio de Huipulco. La evolución de la tisiología a la neumología fue gradual a la par de la necesidad de atención de enfermos respiratorios y la disminución de casos de tuberculosis. En 1970, el Consejo Universitario de la UNAM reconoció oficialmente la especialidad. En 1999, el Plan Único de Especialidades Médicas (PUEM) de neumología fue modificado a entrada indirecta, requiriendo un mínimo de un año de medicina interna y tres años de neumología. En 2012, después de la pandemia de la influenza A H1/N1 se propuso nuevamente un cambio a entrada directa con un programa de cuatro años de neumología que integra la formación del componente de medicina interna.

La medicina crítica surgió en etapas más tempranas, en la década de 1950, con la creación de las primeras UCI, concepto que surgió en la Universidad del Sur de California en EE.UU., promoviendo centros de cuidados intensivos cada vez más especializados con un enfoque en pacientes críticos posquirúrgicos, traumatológicos y con fallas orgánicas, entre otros padecimientos. Un impulso importante para la creación de la especialidad fue la epidemia de polio en Copenhague en 1952, la cual marcó un punto de inflexión al evidenciar la necesidad de preparar especialistas en el manejo del paciente crítico con competencias en el manejo de la vía aérea y ventilación mecánica invasiva, habilidades que antes se limitaban al quirófano. Esta combinación de competencias resultó en una reducción drástica de la mortalidad de los pacientes con parálisis respiratoria, por lo que no es sorprendente que los anestesiólogos lideraran la introducción de las UCI y el desarrollo de la nueva disciplina de la medicina de cuidados intensivos. En las décadas de 1960 y 1970, los avances tecnológicos pioneros para la investigación aeroespacial se incorporaron directamente a la monitorización de los cuidados intensivos. Estos avances tecnológicos, especialmente en la monitorización y el tratamiento cardiopulmonar, combinados con el considerable crecimiento del conocimiento de la fisiopatología de las enfermedades críticas, atrajeron a los médicos de medicina interna a las UCI. A finales de la década de 1970, se iniciaron esfuerzos para formalizar el proceso de formación y certificación en medicina de cuidados críticos. En México, el primer centro reconocido se estableció en el Hospital 20 de Noviembre

del ISSSTE en 1964. En 1974, en México fue aceptada la residencia médica de medicina crítica por el Consejo Universitario de la UNAM¹⁻⁴.

INTEGRACIÓN DE LA ESPECIALIDAD DE NEUMOLOGÍA Y MEDICINA CRÍTICA

El entendimiento de estas especialidades y su integración han permitido resolver necesidades de atención médica especializada a través de perfiles capaces de adaptarse a los nuevos retos de enfermedades emergentes, de las cuales los gérmenes respiratorios ocupan una parte importante de las catástrofes en salud.

La especialidad en neumología en EE.UU. ha evolucionado en las últimas décadas a tener una integración en los programas *Pulmonary and Critical Care Medicine* (PCCM). Actualmente, más del 79% de los médicos en formación en neumología reciben entrenamiento conjunto en cuidados críticos, y los programas exclusivamente pulmonares son cada vez menos frecuentes. La formación en PCCM se estructura como subespecialidad tras completar una residencia en medicina interna (tres años), seguida de un entrenamiento combinado de tres años en PCCM. La popularidad de esta especialidad integrada se explica por la posibilidad de disminuir el agotamiento entre los médicos que ejercen la medicina de cuidados intensivos a tiempo completo. El especialista integrado en neumología y cuidados intensivos tiene la opción de aumentar el trabajo asistencial en neumología de su práctica y pasar menos tiempo en la UCI. En una encuesta reciente del Comité de Personal para Sociedades de Neumología y Cuidados Intensivos, los médicos neumólogos y de cuidados intensivos informaron que la medicina pulmonar representaba la mayor parte de su tiempo clínico y que aproximadamente un tercio de su tiempo lo dedicaban a la UCI^{4,5}.

La transición epidemiológica de la población ha ocasionado un aumento en el crecimiento y la coexistencia de enfermedades crónico-degenerativas, infecciosas y emergentes, en especial de las enfermedades respiratorias pandémicas como la influenza A (H1/N1) y la COVID-19. El Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER) ha experimentado una transformación hacia la integración de la neumología y la medicina crítica en parte por el incremento de pacientes respiratorios con requerimientos de atención en áreas críticas. Como evento más reciente está la pandemia de la COVID-19 en 2020, emergencia sanitaria que incrementó la atención en todo el país y que necesitó de la reconversión hospitalaria máxima del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER), convirtiéndose en una de las terapias intensivas más grandes de todo el país. La UNAM documentó el déficit de neumólogos (1,071) e intensivistas (1,929) en 2018, y la alta mortalidad por causas respiratorias (205,383 muertes en 2020), lo cual generó la necesidad de especializar el cuidado de los pacientes con enfermedades respiratorias graves. Desde el origen de la especialidad de medicina crítica en México, muchos especialistas de esta área se han formado posteriormente como neumólogos, y de forma similar existen neumólogos que se han formado, posterior a su graduación, como especialistas en medicina crítica. Este esquema de entrenamiento separado y en serie obliga a invertir entre seis y ocho años en los programas actuales. El PUEM vigente de neumología (revisado y actualizado en 2020) y el campo clínico actual del INER ya abarcan al menos el 50% de la formación requerida de medicina crítica. Estos aspectos han impulsado el desarrollo de un programa integrado de neumología y medicina crítica por parte del INER, con el aval de la UNAM, y desde el año 2023 con entrada directa a la especialidad y una duración de cinco años. El perfil profesional del especialista resultante

abarca: a) diagnóstico y terapéutica respiratoria avanzada (broncoscopia diagnóstica/terapéutica, manejo del asma grave y EPOC descompensada); b) ventilación mecánica invasiva/no invasiva y estrategias protectoras; c) monitoreo hemodinámico y soporte vasoactivo; d) manejo integral de aparatos y sistemas desde el enfoque crítico considerando el estudio de entidades sindrómicas y nosológicas, y e) liderazgo de equipos y seguridad del paciente en la UCI, entre otras competencias^{1,6,7}.

COMPETENCIAS DE LA ESPECIALIDAD DE NEUMOLOGÍA Y MEDICINA CRÍTICA

Una parte importante en el entendimiento de la integración de la especialidad es el programa y el enfoque en los procedimientos. El PUEM consta de cuatro actividades académicas (asignaturas o materias), que se cursan de manera obligatoria en cada año lectivo y que el alumnado inscrito deberá acreditar ante la universidad durante los cinco años de duración de la especialización (residencia) médica en neumología y medicina crítica. Estas actividades académicas constan de tres seminarios y un taller, llamado «trabajo», a saber: a) Seminario de Atención Médica, b) Trabajo de Atención Médica, c) Seminario de Investigación y d) Seminario de Educación. Cada uno de estos seminarios está conformado por unidades temáticas (unidades didácticas) cuyos contenidos corresponden al conocimiento teórico conceptual de la especialización en neumología y medicina crítica. En cuanto a la actividad académica denominada Trabajo de Atención Médica, es un taller conformado por el conjunto de destrezas profesionales que corresponden al conocimiento práctico procedimental del especialista en neumología y medicina crítica en su práctica profesional cotidiana⁷.

Este capítulo no pretende realizar una revisión curricular del curso; sin embargo, busca resaltar la importancia de la simulación clínica como componente esencial para el desarrollo del conocimiento y la adquisición de competencias técnicas y no técnicas.

La simulación clínica ha demostrado utilidad para entrenar habilidades técnicas (vía aérea, ventilación, broncoscopia) y no técnicas (comunicación, CRM), con impacto en la seguridad del paciente crítico, y su adopción en neumología crítica es un componente formativo clave. Las competencias prácticas descritas en el PUEM de la especialidad de neumología y medicina crítica constituyen alrededor de 76 procedimientos, en comparación a los 35 procedimientos de neumología (Tabla 1). El programa teórico de la especialidad y las competencias prácticas fundamentan a la simulación clínica como una estrategia fundamental en la adquisición de estas habilidades.

A continuación, se describen de manera general las competencias en la especialidad integrada.

Tabla 1. Comparación de procedimientos de la especialidad de neumología y medicina crítica en comparación con la especialidad de neumología		
	Trabajo de atención médica Años: I, II, III, IV y V Neumología y medicina crítica	Trabajo de atención médica Años: I, II, III y IV Neumología
Número de procedimientos	76 procedimientos	35 procedimientos

Evaluación clínica

Incluye habilidades básicas como la elaboración de la historia clínica, el examen físico especializado (oído, nariz y garganta) y la comunicación clínica en contextos sensibles (comunicación de malas noticias).

Diagnóstico funcional y laboratorio

Se contemplan pruebas de función pulmonar (espirometría, pletismografía, DLCO, caminata de 6 min, pruebas de provocación bronquial), gasometría arterial, oximetría, y estudios de laboratorio como pruebas moleculares (PCR, antígenos, anticuerpos), tinciones microbiológicas (Gram, Ziehl-Neelsen) y pruebas de alergia.

Intervenciones diagnósticas

Incluye procedimientos como broncoscopia diagnóstica y rígida, fibrobroncoscopia, biopsias pulmonares y pleurales (transbronquiales, percutáneas, cerradas), toracocentesis, aspiración transtraqueal y ecografía endobronquial.

Procedimientos terapéuticos

Se detallan técnicas como el tratamiento pleural, colocación de stents, drenaje pleural, toracoscopia médica, pleurodesis, pleurotomía cerrada, embolización de arterias bronquiales y oclusión bronquial con balón de Fogarty.

Técnicas respiratorias

Incluye el uso de ventilación mecánica invasiva y no invasiva, CPAP, oxigenoterapia, aerosolterapia y monitorización respiratoria portátil para apnea del sueño.

Imagenología

Se integran estudios como radiografía de tórax, tomografía computarizada, fluoroscopia, ecocardiografía, resonancia magnética, gammagrafía pulmonar, angiografía pulmonar y bronquial, y fistulografía.

Soporte vital y cuidados críticos

Comprende el entrenamiento en soporte vital básico y avanzado, manejo avanzado de la vía aérea, uso de desfibriladores y DEA, protocolos de retirada de ventilación, crico-tiroidotomía y manejo de neumotórax a tensión.

Accesos vasculares y cateterismos

Incluye la colocación de accesos venosos centrales y arteriales, cateterismo cardíaco derecho, inserción de marcapasos temporales, drenajes pericárdicos y abdominales, y medición de la presión intracraneal.

Farmacología y nutrición

Se abordan competencias en administración de fármacos intravenosos, uso de bombas de infusión continua, técnicas de anestesiología (sedación segura, reversión), y cálculo de nutrición parenteral y enteral.

Otros procedimientos

Incluye la inserción de sondas nasogástrica y urinaria, colocación de cánulas periféricas, y procedimientos especializados como mediastinostomía y colocación de catéteres en el bulbo yugular.

La medicina crítica y la neumología como especialidad integrada implica la adquisición de un número considerable de habilidades en comparación con la neumología. El enfoque de estas habilidades adicionales se basa en el manejo de pacientes con condiciones graves como insuficiencia respiratoria, sepsis, *shock* y paro cardiorrespiratorio, entre otras. La simulación actúa como un puente entre el conocimiento teórico y la práctica clínica real, y permite que los estudiantes y residentes desarrollen su confianza y competencia mediante la creación de escenarios de forma segura, estandarizada y repetible, facilitando el aprendizaje sin poner en riesgo a pacientes reales, reduciendo errores y mejorando la seguridad del paciente⁸.

La simulación clínica mejora significativamente las competencias técnicas (intubación, manejo de ventiladores, interpretación de gasometrías) y las competencias no técnicas (toma de decisiones bajo presión, liderazgo, comunicación efectiva y trabajo en equipo). Estas habilidades son esenciales en las UCI y servicios de neumología, donde la coordinación y precisión son vitales. La simulación permite evaluar el desarrollo de competencias mediante rúbricas estructuradas, OSCE y escalas como la Ottawa GRS. Esto facilita la identificación de áreas de mejora y asegura que los profesionales estén preparados para situaciones reales⁹.

CONCLUSIONES

La simulación clínica se ha consolidado como una herramienta esencial en la formación del especialista en neumología y medicina crítica, ya que permite entrenar habilidades técnicas y no técnicas en un entorno seguro, reduciendo así los riesgos para el paciente real. Su incorporación en programas académicos responde a la complejidad creciente del manejo del paciente crítico respiratorio, en el que la toma de decisiones debe ser rápida, precisa y basada en protocolos.

En esta especialidad integrada, la simulación:

- Optimiza la curva de aprendizaje en procedimientos de alta complejidad como ventilación mecánica, broncoscopia y manejo de vía aérea difícil.
- Fortalece competencias no técnicas como liderazgo, comunicación y trabajo en equipo, fundamentales en escenarios de crisis.
- Mejora la seguridad del paciente, al permitir la práctica repetitiva y la detección de errores antes de la atención real.
- Favorece la innovación educativa, incorporando tecnologías como realidad virtual y telesimulación.

En conclusión, la simulación no es un complemento, sino un pilar formativo en la preparación del neumólogo intensivista, alineado con estándares internacionales y con evidencia que respalda su impacto positivo en la calidad asistencial y la seguridad del paciente.

BIBLIOGRAFÍA

1. Vázquez-García JC, Salas-Hernández J, Pérez-Padilla R, Báez Saldaña AR, Vega-Barrientos RS, Carrillo-Alduenda JL, et al. Neumología y medicina crítica como una especialidad integrada. La respuesta obligada en la era de las pandemias respiratorias. *Neumol Cir Torax*. 2020;79(3):134-40.
2. Cano Valle F. Reseña histórica de la neumología. En: Cano Valle F. *Enfermedades del aparato respiratorio*. 2.ª ed. Méndez Editores; 2010. p. 1-13.
3. Ristagno G, Weil MH. History of Critical Care Medicine: The Past, the Present and the Future. En: Gullo A, Lumb PD, Besso J, Williams GF, editores. *Intensive and Critical Care Medicine*. Milán: Springer; 2009.
4. Tobin MJ, Hines E. Pulmonary and critical care medicine: a peculiarly American hybrid? *Thorax*. 1999; 54:286-7.
5. Vázquez Guillamet R. Aspectos a conocer de la medicina intensiva en Estados Unidos. *Med Intensiva*. 2013; 37(5):339-342.
6. Hammad HM, Nauman HMF, Abbas F, Jawad R, Farhad W, Shahid M, et al. Impacts of COVID-19 pandemic on environment, society, and food security. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2023;30:99261-72.
7. Facultad de Medicina, UNAM. Plan único de especializaciones médicas (PUEM) en Neumología y Medicina Crítica. 2022 [consultado el 10 de agosto de 2025]. Disponible en: <http://www.sidep.fmposgrado.unam.mx:8080/fmposgrado/Cursos.jsp?medicallevel=ESPECIALIDADES>
8. Muñoz Gualán GG, Sierra RE. La simulación clínica en la educación médica moderna: revisión de revisiones. *Revista Eugenio Espejo*. 2025;19(1):102-16. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5728/572881536008/>
9. Salas MA. El uso de la simulación en la enseñanza de la medicina. Universidad Nacional de La Plata; 2017. Disponible en: https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/126449/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Simulación en medicina crítica

Carmen Margarita Hernández Cárdenas
y Josué Daniel Cadeza-Aguilar

INTRODUCCIÓN

La medicina crítica se caracteriza por el manejo de pacientes en estado grave, con múltiples fallos orgánicos y necesidad de intervenciones urgentes. En este contexto, la formación médica requiere herramientas que permitan entrenar habilidades complejas sin comprometer la seguridad del paciente. La simulación clínica se ha consolidado como una estrategia pedagógica esencial, ofreciendo un entorno seguro, controlado y reproducible para el desarrollo de competencias técnicas y no técnicas. Este enfoque responde a la necesidad de reducir los errores médicos, mejorar la seguridad del paciente y optimizar la toma de decisiones en situaciones de alta complejidad. En la actualidad, la simulación en medicina crítica abarca desde modelos de baja fidelidad para procedimientos básicos hasta simuladores de alta fidelidad y entornos virtuales inmersivos que reproducen parámetros fisiológicos complejos. Esta evolución tecnológica ha permitido diseñar escenarios que replican condiciones críticas como choque séptico, paro cardiorrespiratorio, insuficiencia respiratoria aguda y complicaciones hemodinámicas, contribuyendo a la preparación integral de equipos multidisciplinarios. En este capítulo se abordarán los fundamentos pedagógicos, objetivos, tipos de simulación, diseño de escenarios clínicos y estrategias de evaluación con el propósito de ofrecer una guía que ayude a la implementación de programas de simulación en unidades de cuidados intensivos (UCI)¹⁻³.

35

FUNDAMENTOS PEDAGÓGICOS

La simulación clínica se ha consolidado como una herramienta pedagógica esencial en la formación de profesionales de la salud, especialmente en áreas críticas donde la toma de decisiones rápidas y precisas es vital. Basada en teorías del aprendizaje experiencial, la simulación permite integrar conocimientos teóricos y prácticos en un entorno seguro, reduciendo así los riesgos para el paciente real. A continuación, analizamos los fundamentos teóricos. Primero es importante entender que el conocimiento puede dividirse en tres tipos: a) declarativo (dominio conceptual, que puede declararse y se adquiere en el aula de clase), b) procedimental (aplicación en contexto práctico, que puede demostrarse y desarrollarse en simulación clínica y en práctica clínica supervisada) y c) condicional (que se manifiesta en circunstancias especiales, desarrollándose en simulación avanzada y práctica clínica supervisada de mayor especialidad). La educación basada en simulación se ha convertido en un puente pedagógico esencial entre el conocimiento teórico y las competencias prácticas. El fundamento de esta relación parte principalmente del

paradigma constructivista, el cual integra la interacción con el entorno y la reflexión sobre la experiencia. En simulación clínica, el enfoque es la colaboración en equipo y la resolución de problemas complejos, promoviendo la reflexión sobre las propias prácticas. La evolución de la simulación como la conocemos hoy en día ha tenido muchas contribuciones. El grupo del *Boston Children Hospital*, et al. (SimZones) plantean cinco zonas progresivas desde la perspectiva de un centro de simulación hospitalario. Las zonas de simulación se clasifican en zonas del 0 al 4 de acuerdo al propósito y la complejidad. La zona 0 se dirige a personas que necesitan practicar y recibir *feedback* automático, como es el caso de la utilización de *software* de simulación; en este tipo no se requiere que esté presente un instructor. La zona 1 se utiliza para el entrenamiento de aprendices que desarrollan habilidades procedimentales; hay interrupción y *feedback* directivo del instructor. En la zona 2 se realiza simulación con equipos parciales, la simulación involucra mayor complejidad clínica y tecnológica, en general se entrena el trabajo en equipo y el manejo de pacientes agudos de manera ininterrumpida, puede darse juego de roles y se suele realizar *debriefing*. En la zona 3 la simulación es más compleja, se realiza entrenamiento con equipos naturales completos (multidisciplinario), es ininterrumpida y se busca mejorar la coordinación del equipo y perfeccionar habilidades no técnicas; se realiza *debriefing* en profundidad. La zona 4 no incluye simulación, pues es la atención de pacientes en la vida real; sin embargo, extrapola la intención de la zona 3 de reflexionar sobre la acción para fortalecer los equipos naturales en su área de desempeño clínico quirúrgico a través de *debriefing* clínico. Si es cierto que el modelo que establece la SimZones es integrador, hoy en día algunos autores establecen que el modelo se debe modificar en un modelo dinámico enfocado a las necesidades de los estudiantes, con reentrenamientos en diferentes zonas de simulación y un enfoque dirigido al avance del individuo en los dominios y habilidades técnicas y no técnicas⁴.

En este contexto, la simulación clínica tiene el potencial de ser una herramienta pedagógica para la adquisición y el desarrollo de habilidades técnicas orientadas a la realización de procedimientos, como el manejo de la vía aérea o la colocación de catéter venoso, así como de habilidades no técnicas, por ejemplo, la toma de decisiones, la comunicación y el trabajo en equipo.^{4,5}

HABILIDADES TÉCNICAS Y NO TÉCNICAS EN MEDICINA CRÍTICA

En la atención del paciente crítico, el desempeño profesional depende tanto de habilidades técnicas (procedimientos clínicos) como de habilidades no técnicas (factores humanos). La simulación clínica se ha consolidado como la herramienta ideal para entrenar ambas competencias en un entorno seguro, reduciendo los riesgos y mejorando la seguridad del paciente.

Habilidades técnicas

Son las destrezas cognitivas y procedimentales necesarias para ejecutar intervenciones clínicas con precisión. Su importancia radica en que garantizan la ejecución segura de procedimientos invasivos y manejo avanzado del paciente crítico.

Ejemplos en medicina crítica:

- Manejo avanzado de la vía aérea: intubación orotraqueal, uso de dispositivos supra-glóticos.

- Ventilación mecánica: ajuste de parámetros, interpretación de curvas.
- Accesos vasculares: catéter venoso central, arterial, monitoreo hemodinámico.
- Reanimación cardiopulmonar (RCP) avanzada: desfibrilación, manejo de arritmias.
- Procedimientos invasivos: drenaje torácico, marcapasos transvenoso.
- Uso seguro de fármacos críticos: vasopresores, sedación, analgesia.
- Entrenamiento: simuladores de alta fidelidad, modelos anatómicos, escenarios clínicos controlados.

Habilidades no técnicas

Son competencias cognitivas, sociales y personales que influyen en la seguridad y efectividad del cuidado. Estas competencias reducen los errores humanos, y mejoran la coordinación y la seguridad del paciente en entornos de alta presión.

Principales categorías:

- Comunicación efectiva: uso de *closed-loop communication* para evitar errores.
- Trabajo en equipo: coordinación interprofesional en situaciones críticas.
- Liderazgo: asignación de roles, priorización de tareas en emergencias.
- Toma de decisiones bajo presión: análisis rápido y seguro en escenarios de alta complejidad.
- Conciencia situacional: anticipación de riesgos y monitoreo del entorno.
- Gestión de recursos en crisis (CRM): optimización del tiempo, personal y equipamiento.
- Entrenamiento: escenarios de crisis simulados, con énfasis en *debriefing* reflexivo para analizar conductas, comunicación y liderazgo.

La capacitación en habilidades técnicas y no técnicas mediante simulación clínica (Tabla 1), junto con su implementación sistemática en programas de educación continua, constituye un elemento fundamental para formación del profesionalista en el área crítica. Entre sus beneficios destacan: a) permiten adaptarse a nuevas tecnologías como, por ejemplo, el soporte extracorpóreo o dispositivos avanzados de vía aérea; b) prepararse para eventos de baja frecuencia y alto riesgo como paro cardiorrespiratorio, choque séptico y crisis anafilácticas, y c) fortalecimiento del pensamiento crítico y la resiliencia en entornos de alta presión^{5,6}.

Tabla 1. Habilidades técnicas versus no técnicas en medicina crítica		
Habilidades	Descripción de la categoría	Ejemplos en UCI
Habilidades técnicas	Destrezas procedimentales y cognitivas para ejecutar intervenciones clínicas	- Intubación orotraqueal - Ventilación mecánica - Colocación de catéter venoso central - RCP avanzada - Drenaje torácico
Habilidades no técnicas	Competencias cognitivas, sociales y personales que influyen en la seguridad y efectividad del cuidado	- Comunicación efectiva (<i>closed-loop</i>) - Liderazgo en crisis - Trabajo en equipo interprofesional - Conciencia situacional - Gestión de recursos (CRM)

OBJETIVOS DE LA SIMULACIÓN EN MEDICINA CRÍTICA

La atención en UCI implica escenarios de alta complejidad, donde la toma de decisiones rápidas y la ejecución precisa de procedimientos son determinantes para la supervivencia del paciente. En este contexto, la simulación clínica surge como una estrategia educativa que permite entrenar habilidades en un entorno seguro, reduciendo los riesgos y mejorando la calidad asistencial⁶. A continuación, analizamos una propuesta de objetivos en simulación en medicina crítica. En consideración a la amplitud de competencias técnicas y no técnicas, podemos dividir las en:

- Desarrollar competencias técnicas
 - Entrenar procedimientos invasivos críticos: intubación orotraqueal, colocación de catéter venoso central, drenaje torácico.
- Fortalecer competencias no técnicas
 - Mejorar la comunicación efectiva mediante técnicas como *closed-loop communication*.
 - Desarrollar liderazgo y toma de decisiones bajo presión en escenarios de crisis.
- Promover la seguridad del paciente
 - Identificar y corregir errores en un entorno seguro antes de la práctica clínica real.
- Favorecer la integración teoría-práctica
 - Aplicar conocimientos teóricos en escenarios clínicos simulados que reproduzcan la complejidad de la UCI.
- Evaluar el desempeño profesional
 - Utilizar métodos de evaluación para medir competencias técnicas y no técnicas.

FIDELIDAD Y TIPOS DE SIMULACIÓN

En este punto el reto es cómo integrar la simulación en el aprendizaje significativo y superar la barrera de la integración tanto de estudiantes de primera vez como para la formación continua de profesionales con previa experiencia. Parte de esa respuesta se responde con el concepto de fidelidad y cuáles son los tipos de fidelidad. La fidelidad permite desarrollar mejores escenarios en simulación y crear una experiencia de aprendizaje significativo. Entonces, empezaremos preguntándonos ¿qué es la fidelidad en simulación? No hay una sola respuesta para esta pregunta; sin embargo, podemos tener un acercamiento al integrar las ideas más importantes de diversos autores: la fidelidad en simulación es el grado de realismo que nos acerca a la realidad de la experiencia operacional que se desea simular. Siguiendo con esta idea, la fidelidad es un término que se acompaña de la relación de los dispositivos utilizados y la capacidad de realismo, empero no se debe confundir que el dispositivo es sólo lo que establece la fidelidad, ya que un dispositivo de alta tecnología e inmersivo sólo es parte de la experiencia de fidelidad. El diseño de la simulación o, dicho de otra manera, el ejercicio donde se utiliza el dispositivo es lo que permite tener el realismo del ambiente de la simulación y es lo que, junto con el dispositivo, clasifica qué grado de simulación estamos realizando.

La simulación de baja fidelidad se centra en el desarrollo de competencias técnicas, es decir, en la habilidad y la destreza. Entre sus características, los modelos anatómicos simples pueden clasificarse en orgánicos (como modelos animales o cadáveres humanos de enseñanza) y sintéticos, que incluyen maniqués y representaciones específicas de órganos o partes del cuerpo. En la mayoría de los casos no requiere escenarios de simulación. Los espacios donde se trabaja con este tipo de simuladores se denominan estaciones de trabajo

y, por lo general, no necesitan ambientes clínicos completos; pueden ser utilizados para entrenamiento en procedimientos básicos como venopunciones, colocación de catéteres, toma de signos vitales, etc. En conclusión, su utilidad es el entrenamiento de habilidades técnicas; tiene como ventajas un bajo costo, fácil implementación con las limitaciones de bajo realismo y no permite entrenar habilidades no técnicas.

La simulación de fidelidad intermedia corresponde a una estrategia que se enfoca en la práctica de competencias técnicas, pero además incluye la interacción con un modelo humano con el fin de desarrollar competencias no técnicas. Para lograr este tipo de escenarios se incluye tecnología más realista como maniquíes con funciones fisiológicas como, por ejemplo, sonidos cardíacos y movimientos respiratorios. Algunos ejemplos representativos de este tipo de simulaciones incluyen procedimientos como la intubación endotraqueal y la ventilación mecánica, los cuales permiten la práctica segura y el desarrollo de competencias críticas en entornos controlados. En conclusión, en esta simulación entrenamos procedimientos más complejos y la toma de decisiones, por lo que se puede incluir el aprendizaje de actitudes técnicas y no técnicas. Sólo hay que mencionar que este grado de simulación no reproduce completamente la respuesta fisiológica del paciente.

Por último, describiremos la simulación de alta fidelidad. Al escribir estas líneas puedo constatar que este tipo de simulación es una verdadera experiencia de realismo para el usuario. En esta simulación tenemos el objetivo de evaluar el desempeño del estudiante no sólo por la destreza relacionada con una habilidad técnica o el saber de una forma aislada, sino también la evaluación de las cuatro categorías de la pirámide de conocimiento de Miller (saber, saber cómo, mostrar cómo y hacer de forma integrada), además de habilidades no técnicas como la responsabilidad, toma de decisiones, liderazgo y trabajo en equipo. En este tipo de simulación se requieren maniquíes computarizados que simulan parámetros hemodinámicos, respiratorios y farmacológicos. En muchas ocasiones estas interacciones se producen a través de la ayuda de un *software* que da retroalimentación en tiempo real. Este tipo de simulaciones se usa más en escenarios de medicina crítica, procedimientos de quirófano o situaciones de urgencias. Gracias a este grado de fidelidad se pueden entrenar escenarios complejos, donde los entrenamientos son integrales tanto en habilidades técnicas como no técnicas. Como conclusión, estos escenarios permiten un alto realismo, y la práctica del liderazgo, comunicación y trabajo en equipo. Un apunte importante en este tipo de simulación es que no dependemos en todos los casos de un simulador de última tecnología o el más costoso, sino que en gran medida depende de la capacidad del docente para recrear el escenario de la simulación, ya que esto le permite evaluar las competencias técnicas y no técnicas. Por último, no olvidemos que este tipo de simulación conlleva un alto costo y, por lo regular, personal altamente capacitado en simulación.

Este capítulo no tiene el alcance de revisión, pero es importante mencionar que algunos autores utilizan simulaciones con pacientes estandarizados en el que existen actores entrenados, simulación virtual y de realidad aumentada, que actualmente se ha integrado en estas clasificaciones^{7,8}.

DISEÑO DE ESCENARIOS Y ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN

Por último, en estos párrafos me gustaría abordar la propuesta de los componentes que se deben tener en cuenta en el diseño de un escenario y cual sería una propuesta de evaluación, no olvidando que el objetivo del capítulo es dar un panorama general al lector

de la simulación en medicina crítica. En caso de que el lector desee una literatura científica más avanzada, será de gran utilidad leer el resto de capítulos.

En un escenario bien estructurado se recomienda tener una estructura con:

- Objetivos claros y medibles: dependerán de lo que se quiera evaluar como, por ejemplo, intubación, ventilación mecánica, manejo de *shock* o liderazgo, comunicación, toma de decisiones.
- Nivel de fidelidad: previamente revisado en el anterior apartado, no hay que olvidar que se debe adecuar la selección de la fidelidad de acuerdo a las competencias a evaluar y el recurso del centro, entre otros aspectos.
- Componentes del escenario: incluyen contexto clínico realista, por lo que se recomienda una historia clínica dirigida al aprendizaje del escenario, monitorización, etc., roles definidos en los que deben estar incluidos los participantes (médicos, enfermería, técnicos) y, dependiendo del escenario, también los familiares.
- Guion estructurado, en el que se debe incluir:
 - *Prebriefing*, en el que se explican los objetivos, reglas y confidencialidad.
 - Desarrollo: presentación progresiva del caso y respuesta a intervenciones.
 - *Debriefing*: reflexión guiada para consolidar los aprendizajes^{8,9}.
 - La evaluación de la simulación es un tema amplio y revisado por varios autores. Para la mayoría de los escenarios, una propuesta útil es la elaboración de rúbricas de procedimientos como en los escenarios de simulación en intubación, canalización venosa y RCP avanzada. Otra estrategia es el método OSCE (*Objective Structured Clinical Examination*), en el que se definen estaciones con tareas específicas, las cuales están más dirigidas a la evaluación de habilidades técnicas. Para la evaluación de habilidades no técnicas existen escalas validadas como Anaesthetists' Non-Technical Skills (ANTS) o Team Emergency Assessment Measure (TEAM).; sin embargo, esto depende del diseño de la simulación. Se puede llegar a una evaluación adecuada con el método de observación directa y *debriefing* estructurado, en el que se realiza una reflexión sobre el liderazgo, la comunicación y la conciencia situacional⁹.

CONCLUSIONES

La simulación clínica se ha consolidado como una herramienta pedagógica indispensable en la formación y actualización de profesionales en medicina crítica. Su valor radica en la posibilidad de recrear escenarios complejos en un entorno seguro, donde los errores se convierten en oportunidades de aprendizaje sin comprometer la seguridad del paciente. A través de la simulación es posible integrar conocimientos teóricos con la práctica clínica, desarrollar competencias técnicas y no técnicas, y fortalecer la toma de decisiones bajo presión, gracias a técnicas como el *debriefing* y *feedback* inmediato, por mencionar algunas. El éxito de la simulación depende de realizar escenarios progresivos, uso de rúbricas estandarizadas y una opción adecuada sería el registro audiovisual para su posterior análisis. Sin embargo, toda esta preparación requiere inversión en infraestructura, formación docente y un enfoque pedagógico centrado en el aprendizaje significativo, por lo que no debemos olvidar que una adecuada simulación no sólo depende del dispositivo, sino también del diseño del escenario de simulación y del docente. En conclusión, la simulación no sustituye la práctica clínica real, pero constituye un puente fundamental entre la teoría y la práctica de habilidades técnicas y no técnicas en la medicina crítica.

BIBLIOGRAFÍA

1. Elizalde JJ. Simulación clínica en medicina crítica. *Med Crít (Col Mex Med Crít)*. 2019;33(5):219-30.
2. Sierra AF, Martínez R, Cerón U, Vázquez JP. Desarrollo de aptitudes médicas mediante simulación en la especialidad de Medicina Crítica. *Medigraphic*. 2018;61(S1).
3. Martínez Camacho M, Lugo García D, Rivera Elías A. La simulación clínica. Una herramienta para mejorar la seguridad durante la movilización temprana en la UCI. *Acta Méd Grupo Ángeles*. 2025;23(2):112-20.
4. Díaz-Guio DA, Vasco M, Ferrero F, et al. Educación basada en simulación, una metodología activa de aprendizaje a través de experiencia y reflexión. *Simulación Clínica*. 2024;6(3):119-26.
5. Vargas-Ovalle JL, Franco-Sánchez DM. Simulación clínica en cuidado intensivo como herramienta para el desarrollo de habilidades no técnicas en profesionales de la salud. *Rev Latinoam Simul Clin*. 2023;5(3):103-9.
6. Broch-Porcar MJ, Castellanos-Ortega Á. Seguridad del paciente, ¿qué aportan la simulación clínica y la innovación docente? *Med Intensiva*. 2025;49(3):165-73.
7. Tun, JK, Alinier G, Tang J, Kneebone RL. Redefining simulation fidelity for healthcare education. *Simulation & Gaming*. 2015;46:159-74.
8. Coro Montanet G, Bartolomé Villar B, García Hoyos F, Sánchez Ituarte J, Torres Moreta L, Méndez Zunino M, et al. Indicadores para medir fidelidad en escenarios simulados. *FEM (ed. impresa)* [Internet]. 2020;23(3):141-9 [citado el 7 de septiembre de 2025]. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2014-98322020000300008
9. NACSL Standards Committee. Healthcare Simulation Standards of Best Practice: Simulation Design. *Clin Simul Nurs*. 2021;58:14-21.

Simulación en broncoscopia

Jorge Morales Hernández, Luis Joel Arroyo Hernández,
Alonso Tortoriello Garza y Víctor Fabián Hernández Huizar

INTRODUCCIÓN

La broncoscopia es un procedimiento complejo que requiere la integración de habilidades cognitivas y motoras, y que presenta una curva de aprendizaje prolongada con una alta variabilidad individual. Es realizada por diferentes especialidades, incluyendo neumología, medicina crítica y anestesiología. Tradicionalmente, su enseñanza se ha basado en el método de «aprender haciendo» con pacientes reales, bajo la supervisión de médicos con experiencia¹. Sin embargo, este enfoque presenta riesgos tanto para los pacientes como para los profesionales en formación, especialmente en sus etapas iniciales.

Preservar y priorizar la seguridad del paciente ha sido uno de los principales factores que ha impulsado el desarrollo de nuevos modelos de enseñanza en medicina. Estos modelos buscan minimizar los riesgos asociados al proceso formativo, especialmente en el entrenamiento de habilidades clínicas complejas².

En las últimas dos décadas, el uso de simulación en la enseñanza médica ha crecido de manera sostenida¹. En este contexto, la educación basada en simulación ha emergido como una herramienta altamente efectiva. Esta metodología permite el aprendizaje en un entorno seguro, con riesgo nulo para los pacientes y ofrece ventajas adicionales, como una enseñanza estructurada, repetible y la posibilidad de incluir escenarios clínicos poco frecuentes.

La simulación ha demostrado ser útil en la enseñanza de múltiples habilidades médicas, tales como la reanimación cardiopulmonar, la intubación orotraqueal y la colocación de catéteres venosos centrales. En el campo de la neumología, y particularmente en la enseñanza de la broncoscopia, su implementación se ha vuelto cada vez más relevante².

La educación médica no basada en simulación en broncoscopia se ha asociado con un mayor riesgo de complicaciones y un mayor discomfort para los pacientes³. Por el contrario, en estudios recientes se ha demostrado que el entrenamiento con simuladores mejora significativamente el desempeño de los médicos en escenarios clínicos reales en comparación con aquellos que no recibieron entrenamiento simulado.

Otro catalizador importante del desarrollo de la educación basada en simulación fue la pandemia de la COVID-19, que limitó la disponibilidad de procedimientos clínicos para el entrenamiento tradicional. Esto obligó a muchos centros a adoptar alternativas como la simulación, facilitando así la continuidad en la formación sin comprometer la seguridad del paciente¹.

Actualmente existen múltiples modelos disponibles para la enseñanza de la broncoscopia mediante simulación, desde modelos animales, modelos tipo *dummy* (Fig. 1) e impresiones 3D hasta simuladores virtuales de alta fidelidad (Fig. 2)⁴. No obstante, la metodología de enseñanza broncoscópica sigue siendo muy variable entre los centros, lo



Figura 1. Simulador tipo *dummy* del Centro de Simulación Clínica del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias.

que pone de manifiesto la necesidad de conocer y aplicar la evidencia disponible sobre la efectividad de la simulación en este campo.

Comprender las características clave de la simulación aplicada a la broncoscopia es fundamental para diseñar programas académicos que sean seguros, eficaces y adaptables a las necesidades actuales de la educación médica.

TRASCENDENCIA DE LA SIMULACIÓN EN BRONCOSCOPÍA

La broncoscopia es un procedimiento esencial en medicina respiratoria y su dominio requiere una curva de aprendizaje considerable. Históricamente, la formación se ha basado en la práctica directa con pacientes, un modelo que, aunque efectivo, hoy en día plantea importantes desafíos éticos y de seguridad. La simulación médica ha emergido como una herramienta fundamental que no sólo moderniza el entrenamiento, sino que también eleva la calidad y seguridad del cuidado al paciente, justificando su trascendencia en el campo.

En el ámbito formativo, la simulación transforma la educación médica al permitir que los aprendices practiquen y cometan errores en un entorno controlado, sin poner en riesgo la seguridad y el bienestar del paciente⁵. Este enfoque es particularmente relevante en la broncoscopia, un procedimiento que conlleva riesgos inherentes. De hecho, en estudios se ha demostrado que la práctica en simuladores acelera significativamente la curva de aprendizaje; por ejemplo, se ha observado que los residentes que realizan 20 procedimientos en un simulador logran una competencia similar a aquellos que practican entre 50 y 60 procedimientos en pacientes reales, un modelo tradicional y menos eficiente^{6,7}. La práctica deliberada y repetida en simuladores de alta fidelidad también



Figura 2. Simulador virtual de alta fidelidad del Centro de Simulación Clínica del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias.

permite entrenar a los profesionales en escenarios de emergencia o de baja frecuencia, como sangrados graves, broncoespasmo e inestabilidad hemodinámica, mejorando su capacidad para responder en crisis y trabajar en equipo⁸. Los simuladores más avanzados ofrecen una retroalimentación objetiva y detallada sobre el desempeño del aprendiz, lo cual complementa la guía del instructor, contribuye a una evaluación más estandarizada de las habilidades y permite crear un plan para fortalecer las deficiencias⁹. En una revisión sistemática reciente se respalda que los simuladores de realidad virtual son altamente efectivos para la adquisición de competencias en broncoscopia, con un impacto significativo en el desarrollo de habilidades psicomotoras¹⁰.

El impacto formativo de la simulación se traduce directamente en una mejora de la calidad de la atención al paciente. Los datos indican que los broncoscopistas que reciben entrenamiento en simulación cometen menos errores, lo que se refleja en una reducción de complicaciones para el paciente. Por ejemplo, en un estudio se mostró que el entrenamiento en simulación puede reducir las tasas de complicaciones menores como sangrado leve y moderado en hasta un 50%¹¹. Al asegurar que los procedimientos son realizados por personal con una competencia probada, la simulación contribuye a un

entorno asistencial más seguro, disminuyendo la probabilidad de errores y mejorando la capacidad de respuesta ante complicaciones¹². La inversión en esta tecnología también es costo-efectiva a largo plazo, ya que la reducción de complicaciones y la optimización del tiempo de procedimiento liberan recursos valiosos.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DIRIGIDOS A HABILIDADES PROCEDIMENTALES EN BRONCOSCOPIA

El diseño de un programa de entrenamiento en simulación debe basarse en un marco teórico educativo sólido que defina objetivos de aprendizaje claros y medibles. Este enfoque se centra en la adquisición de habilidades procedimentales y abarca los tres dominios del aprendizaje: cognitivo, psicomotor y afectivo.

Los objetivos cognitivos se centran en el conocimiento teórico y la comprensión de los principios subyacentes al procedimiento, que son la base para la toma de decisiones clínicas. El estudiante debe ser capaz de comprender el funcionamiento del equipo y aditamentos, identificar y nombrar las estructuras del árbol bronquial en una vista endoscópica y reconocer la apariencia broncoscópica de enfermedades comunes. Este conocimiento teórico es un prerrequisito para la práctica segura¹³.

Por otra parte, los objetivos psicomotores se refieren a las habilidades manuales y la coordinación necesarias para la ejecución efectiva del procedimiento. El entrenamiento en el simulador permite al estudiante practicar la navegación del árbol bronquial con el broncoscopio flexible de forma controlada y segura, así como perfeccionar la coordinación entre sus movimientos manuales y la visión del monitor para realizar tareas como lavados bronquiales, biopsias transbronquiales y endobronquiales o cepillados¹⁴. Los datos cuantitativos respaldan este beneficio: en diversos estudios se ha demostrado que los estudiantes entrenados con simuladores son capaces de completar el procedimiento de navegación a un lóbulo pulmonar específico en un tiempo hasta un 40% más corto en comparación con sus contrapartes no entrenadas¹⁵. Esta eficiencia técnica se traduce directamente en un menor tiempo de procedimiento en pacientes reales.

Finalmente, los objetivos afectivos abordan las actitudes, el profesionalismo y las habilidades no técnicas, que son cruciales para el desempeño en el entorno clínico. La simulación de escenarios complejos permite al estudiante desarrollar su capacidad para comunicarse de forma efectiva con el equipo, tomar decisiones lógicas bajo presión y reconocer sus propias limitaciones de habilidad. La importancia de la simulación en este dominio se evidencia en que los residentes que pasan por programas de entrenamiento basados en simulación reportan una mejora de más del 20% en sus niveles de confianza para realizar una broncoscopia de forma segura e independiente¹⁶. Este marco educativo integral garantiza que el entrenamiento no se limite a la técnica, sino que prepare al futuro broncoscopista para los desafíos éticos y de trabajo en equipo del mundo real.

DESARROLLO DE UN CURSO DE SIMULACIÓN EN BRONCOSCOPIA

Al momento de planear la introducción de un programa de simulación en broncoscopia hay que considerar los objetivos de aprendizaje, los cuales deben ser claros y medibles. En este tipo de programas incluyen navegación bronquial, técnicas diagnósticas, emergencias, tipo de simuladores de que se dispone en el centro, cantidad de alumnos y tiempo del que se dispone¹⁷.

Diversos autores sugieren diseñar un currículo progresivo, estructurado basado en competencias, con etapas de teoría, práctica en simuladores y aplicación clínica supervisada; incluyendo módulos de anatomía, indicaciones, contraindicaciones, técnicas diagnósticas y terapéuticas, complicaciones, ética y profesionalismo, y revisitando cada uno de los temas en diferentes niveles de complejidad^{18,19}.

De manera inicial se pueden tomar como referencia los modelos de EE.UU. (integral) y Europa (procedimiento-específico) y adaptarlos al contexto local de cada centro.

Como se ha mencionado previamente, incluso una sesión de simulación de 1 h podría tener un impacto en el rendimiento de los novatos en broncoscopia, por lo que se ha buscado el desarrollo de herramientas de simulación capaces de mejorar y facilitar un aprendizaje práctico, y buscar la oportunidad de entrenar más estudiantes. Hay que considerar que los simuladores por sí solos no crean una oportunidad educativa, sino que deben combinarse con profesores capacitados en broncoscopia y en programas de simulación²⁰.

Durante la implementación de los cursos se sugiere adaptar el nivel de entrenamiento a la experiencia de cada participante, utilizar simuladores de baja y alta fidelidad, y realizar talleres prácticos interactivos y clases invertidas para maximizar la interacción, con acceso a materiales abiertos en línea desde días previos a la sesión práctica. También es recomendable asegurar una retroalimentación bidireccional inmediata y dirigida a mejorar las habilidades, además de llevar registros documentales de los logros y áreas de oportunidad^{21,22}.

La evaluación/retroalimentación es una parte esencial del ciclo para lograr la maestría procedimental. Cuando los aprendices no logran demostrar mejoras, se les debe dar idealmente retroalimentación inmediata en áreas específicas para practicar y luego se les vuelve a evaluar. Este ciclo continúa hasta que el aprendiz alcanza la competencia y luego la maestría antes de asumir una tarea de habilidad más compleja²⁰.

En el ámbito de la neumología intervencionista, carecemos de herramientas de evaluación formativa para ayudar en la retroalimentación y establecer estándares; sin embargo, hay proyectos de desarrollo en curso en este campo y recientemente se han desarrollado estándares para ciertos procedimientos. Además, necesitamos optimizar los métodos pedagógicos en el desarrollo/evaluación de la toma de decisiones, habilidades psicomotoras en broncoscopia y la herramienta de evaluación paso a paso de broncoscopia²⁰. Algunos de los métodos recomendados por diversos centros sugieren utilizar listas de verificación estandarizadas, exámenes prácticos y portafolios de procedimientos para medir las competencias técnicas y profesionales; establecer estándares mínimos de competencia reconocidos por sociedades científicas internacionales; fomentar la formación continua y recertificación periódica; usar grabaciones en vídeo para revisión independiente, y asegurar la confiabilidad, objetividad e imparcialidad en la evaluación^{21,22}.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN SIMULADOR EN BRONCOSCOPÍA

Las modalidades convencionales de formación médica en broncoscopia pueden reducir la comodidad de los pacientes y aumentar la morbilidad relacionada con el procedimiento. En cambio, la simulación permite un entrenamiento previo al contacto directo con el paciente en un entorno sin riesgos, y con ello se incrementan los rendimientos y se reducen las complicaciones^{1,23}.

La formación con simulación de broncoscopia satisface la creciente necesidad médica de garantizar un proceso de enseñanza eficaz, garantizando al mismo tiempo la seguridad del paciente¹.

La broncoscopia en realidad virtual proporciona una simulación de fenómenos reales como el cierre glótico, movimientos respiratorios, secreciones de las vías respiratorias y tos. Practicarlo en realidad virtual podría reducir los fallos durante la broncoscopia, en lugar de experimentar con pacientes reales. En algunos estudios se ha demostrado que el uso de un simulador de broncoscopia durante 5 min antes del procedimiento real tuvo un impacto significativo y favorable tanto en la duración como en la calidad de la broncoscopia en comparación con no usar un simulador^{1,23}.

Otra ventaja es que puede ser útil para evaluar las habilidades de los estudiantes y así calificar sus conocimientos y preparación para realizar procedimientos de broncoscopia en pacientes. Por lo tanto, la simulación de broncoscopia podría desempeñar un papel importante en la educación no sólo de los neumólogos, sino también de otros profesionales afines^{4,23}.

Si bien el entrenamiento con simulador parece ser eficiente, presenta el inconveniente frente al maniquí de los costos; los simuladores virtuales pueden llegar a costar hasta 100,000 dólares americanos, situación que podría ser limitante en países en vías de desarrollo¹.

El simulador por sí mismo no transmite el estrés al que muchos escenarios clínicos te someten continuamente poniendo a prueba el temple, dominio de las emociones y destrezas con lo crítico de situaciones de emergencia.

Se han encontrado algunas otras desventajas como el tiempo de entrenamiento prolongado, la falta de continuidad en la capacitación y la necesidad de tener instructores altamente capacitados en el ámbito de la broncoscopia, ya que el entrenamiento requiere de la individualización continua para asegurar que el aprendizaje en simulación sea el óptimo²³. Otra limitación es la ausencia o disponibilidad limitada de simuladores pediátricos¹.

FUTURAS PERSPECTIVAS DE SIMULACIÓN EN BRONCOSCOPÍA

En el futuro, el advenimiento de la inteligencia artificial podría reemplazar al clínico experto en broncoscopia. La inteligencia artificial tiene el potencial de proporcionar retroalimentación durante el entrenamiento, evaluación de competencias durante las pruebas y verificación de la inspección completa del árbol bronquial durante la práctica clínica²².

En la actualidad la gran mayoría de los simuladores disponibles se centran en la anatomía bronquial básica y la maniobrabilidad del broncoscopio. Los simuladores futuros deberían incorporar escenarios complejos que pongan a prueba la toma de decisiones bajo estrés, para permitir el entrenamiento de habilidades complejas más allá de la competencia básica³.

El procedimiento por sí mismo está evolucionando, y el entrenamiento en broncoscopia debe adaptarse a estos cambios. La tecnología para la toma de biopsias con ultrasonido endobronquial (EBUS) pronto será parte de un broncoscopio estándar, por lo que debería integrarse en el entrenamiento estándar de simulación en broncoscopia. La broncoscopia por navegación, donde se utilizan tomografías preoperatorias para guiar la toma de biopsias, también se utiliza cada vez más, por lo que integrarlas a la simulación debería ser un objetivo³.

BIBLIOGRAFÍA

1. Vieira LMN, Camargos PAM, Ibiapina CDC. Bronchoscopy simulation training in the post-pandemic world. *J Bras Pneumol*. 2022;48(3):e20210361.
2. Kennedy CC, Maldonado F, Cook DA. Simulation-based bronchoscopy training: systematic review and meta-analysis. *Chest*. 2013;144(1):183-92.
3. Nilsson PM, Naur TMH, Clementsen PF, et al. Simulation in bronchoscopy: current and future perspectives. *Adv Med Educ Pract*. 2017;8:755-60.
4. Gerretsen ECF, Chen A, Annema JT, et al. Effectiveness of flexible bronchoscopy simulation-based training: a systematic review. *Chest*. 2023;164(4):952-62.
5. McCormack LM, Farrow A, Hylton et al. Flexible bronchoscopy simulation: current state and future directions. *Curr Opin Pulm Med*. 2020;26(4):382-8.
6. Konge L, Arendrup H, von Buchwald C, et al. The acquisition of bronchoscopy skills: a simulated-based training curriculum. *Respiration*. 2012;84(1):58-64.
7. Ost D, DeRosiers A, Britt EJ, et al. The learning curve of flexible bronchoscopy. *Am J Respir Crit Care Med*. 2007;176(12):1151-7.
8. Luo H, Zeng F, Luo Y, et al. Educational effectiveness of virtual reality simulators in bronchoscopy: a systematic review and meta-analysis. *Respiration*. 2023;102(4):269-78.
9. Zarogoulidis P, Kougoumtzi I, Petridis D, et al. Bronchoscopy training on virtual reality simulators: current status. *World J Clin Cases*. 2021;9(21):5772-82.
10. Colt HG, Crawford SW, Galbraith O 3rd. Virtual reality bronchoscopy simulation: a revolution in procedural training. *Chest*. 2001;120(4):1333-9.
11. Wahidi MM, Silvestri GA, Coakley RD, et al. The use of simulation in flexible bronchoscopy training: a systematic review and meta-analysis. *J Bronchology Interv Pulmonol*. 2018;25(2):99-106.
12. Konge L, Ringsted C. High-fidelity simulation in procedural skills training: a review. *Simul Healthc*. 2018;13(1):5-11.
13. Wahidi MM, Dettterbeck FC, Bellinger CR, et al. An official ATS/ACCP/AABIP clinical practice guideline: the role of bronchoscopy in the evaluation of lung cancer. *Am J Respir Crit Care Med*. 2018;198(4):e69-114.
14. Konge L, Arendrup H, von Buchwald C, et al. Using performance in multiple simulated scenarios to assess bronchoscopy skills. *Respiration*. 2011;81(6):483-90.
15. Espino-Núñez JS, Cordero-Luna D, Velazco-González G, et al. Simulación en el manejo de la vía aérea: revisión de su impacto en la formación clínica. *Rev Mex Anesthesiol*. 2025;48(3):159-64.
16. Wahidi MM, Ernst A, Herth FJ, Feller-Kopman D, et al. A flexible bronchoscopy curriculum for fellows in pulmonary and critical care medicine: a multi-institution approach. *J Bronchology Interv Pulmonol*. 2010;17(1):1-8.
17. Colt H. Principles of bronchoscopy education. En: Metintas M, Selcuk ZT, Yılmaz A, editores. *Girişimsel Pulmonoloji*. Eskisehir: Rotatip Pub; 2014. p. 55-72.
18. Colt H, Williamson JP. Training in interventional pulmonology: what we have learned and a way forward. *Respirology*. 2020;25(6):580-8.
19. Corbetta L, Arru LB, Mereu C, et al. Competence and training in interventional pulmonology. *Panminerva Med*. 2019;61(3):203-31.
20. Lee HJ, Corbetta L. Training in interventional pulmonology: the European and US perspective. *Eur Respir Rev*. 2021;30:200025.
21. Siow WT, Tan GL, Loo CM, et al. Impact of structured curriculum with simulation on bronchoscopy. *Respirology*. 2021;26(8):707-15.
22. Cold KM, Konge L. Simulation-based training in flexible bronchoscopy: best practices and future directions. *Chest*. 2023;164(4):820-1.
23. Bejani M, Taghizadieh A, Samad-Soltani T, et al. The effects of virtual reality-based bronchoscopy simulator on learning outcomes of medical trainees: a systematic review. *Health Sci Rep*. 2023;6(7):e1398.

Ultrasonido de tórax con simulador

Julio César Gómez Penagos, Lya Edith Pensado Piedra, Fortunato Juárez Hernández y Pavel Venustiano Torreblanca Flores

INTRODUCCIÓN

El ultrasonido pulmonar es una técnica relativamente novedosa y en constante evolución. Entre sus ventajas destaca la rapidez con la que se obtienen hallazgos, lo que la convierte, en manos expertas, en una herramienta invaluable dentro de las unidades de cuidados críticos. Además, su disponibilidad ha crecido notablemente en los últimos años no sólo en el ámbito hospitalario, sino también en la práctica privada, gracias al desarrollo de equipos cada vez más portátiles y accesibles para un amplio espectro de profesionales de la salud¹.

Sin embargo, una de las principales características de esta técnica diagnóstica es su dependencia del operador, lo que implica que el usuario debe adquirir habilidades y conocimientos específicos para realizar un uso adecuado de la misma, que se pueden resumir en:

- Conocimiento teórico de la física del ultrasonido: comprender cómo se generan y propagan las ondas, y cómo interactúan con los tejidos.
- Manejo del equipo: dominar el uso de diferentes tipos de sondas y los ajustes del equipo para obtener imágenes óptimas².
- Interpretación de imágenes: reconocer estructuras y patrones normales y patológicos, identificar hallazgos relevantes y comprender su significado clínico³.
- Aptitud espacial: desarrollar la capacidad de visualizar la anatomía en tres dimensiones⁴.
- Resolución de problemas: detectar y corregir fallos técnicos o de imagen durante la exploración.
- Evaluación y retroalimentación: comprender la importancia de evaluar el desempeño y recibir retroalimentación para mejorar la práctica⁵.

Para adquirir estas habilidades, tradicionalmente se han utilizado recursos didácticos como cursos de formación y presentación de casos clínicos, los cuales siguen siendo fundamentales para el aprendizaje de los médicos en formación. Sin embargo, habilidades como la coordinación espacial o el manejo técnico del equipo suelen quedar relegadas hasta que el alumno se enfrenta a un paciente real, muchas veces en entornos donde la carga de trabajo y la posibilidad de error limitan la retroalimentación y el entrenamiento efectivo.

Ante esta área de oportunidad, los simuladores de ultrasonido se presentan como una herramienta innovadora que permite desarrollar dichas habilidades en un entorno virtual seguro. Esto facilita la retroalimentación inmediata y la corrección de errores sin poner en riesgo al paciente⁶. Además, las imágenes generadas por el simulador de alta

fidelidad permiten entrenar al estudiante en distintos escenarios clínicos, fomentando la correlación entre hallazgos ecográficos y juicio clínico^{7,8}.

ENTRENAMIENTO EN APTITUD ESPACIAL

Las habilidades de ubicación espacial y coordinación motora son esenciales en toda exploración ecográfica, ya que el diagnóstico depende de una exploración precisa y de la capacidad del operador para identificar correctamente los hallazgos⁹.

Los simuladores de ultrasonido incluyen ejercicios de coordinación y orientación espacial con el transductor, mediante los cuales el alumno puede, por ejemplo, formar figuras que se muestran en pantalla o realizar cortes específicos de órganos para mejorar su destreza motora con el transductor¹⁰.

OPTIMIZACIÓN DE LA IMAGEN POR ULTRASONIDO

Uno de los aspectos más importantes –y frecuentemente descuidados– en el entrenamiento médico en ultrasonido es la adecuada manipulación de los parámetros técnicos del equipo. Un manejo incorrecto de estos puede generar errores diagnósticos, muchas veces derivados de la falta de experiencia, en la cual el operador es incapaz de reconocer adecuadamente la manipulación de los parámetros del ultrasonido¹¹.

La optimización de estos parámetros se conoce comúnmente en inglés como *knobology*, e incluye el manejo de elementos como ganancias (generales y parciales), profundidad, foco y amplitud de ventana, entre otros^{12,13}.

- Ganancias: ajustan el brillo de la imagen para compensar la pérdida natural de intensidad en estructuras más profundas; su ajuste es de suma importancia para reconocer de forma adecuada la ecogenicidad de las estructuras y lesiones que son detectadas en el ultrasonido; por ejemplo, para distinguir un derrame pleural anecoico de uno ecogénico homogéneo, en el que una manipulación incorrecta de las ganancias puede llevar a errores de interpretación¹⁴.
- Profundidad: determinada por la frecuencia del transductor. Los transductores convexos, de baja frecuencia, permiten mayor penetración, aunque con menor resolución. En cambio, los lineales, de alta frecuencia, ofrecen alta resolución en estructuras superficiales¹⁵.
- Zona focal: es el punto donde el haz de ultrasonido se concentra. Debe colocarse a la altura de la estructura de interés para mejorar la nitidez de la imagen¹⁶.
- Amplitud de ventana: afecta a la resolución espacial lateral y permite ajustar la imagen para visualizar estructuras grandes en su totalidad.

Estos parámetros deben ser comprendidos y manejados adecuadamente por el alumno para lograr una óptima calidad de imagen, y pueden ser entrenados eficazmente mediante simuladores.

ULTRASONIDO PULMONAR NORMAL

Aunque tradicionalmente el tórax y, en particular, el pulmón fueron considerados inaccesibles a esta técnica debido a la presencia de aire, el desarrollo de la ecografía

clínica ha demostrado que, lejos de ser un obstáculo, las características de la interacción del ultrasonido con el aire y la pleura ofrecen signos específicos que pueden interpretarse y aprovecharse en la práctica clínica.

El ultrasonido pulmonar normal se caracteriza por una serie de hallazgos ecográficos predecibles, relacionados principalmente con la anatomía de la pleura, el intersticio y la presencia de aire en los espacios alveolares. El conocimiento detallado de estos patrones normales resulta esencial para identificar alteraciones patológicas, ya que la ecografía pulmonar es, en esencia, una técnica comparativa en la que la desviación de la normalidad constituye el principal indicador de enfermedad.

ANATOMÍA ECOGRÁFICA DEL PULMÓN NORMAL

En condiciones normales, la ecografía torácica se realiza colocando el transductor en los espacios intercostales, con transductores lineales de alta frecuencia para estructuras superficiales como la pleura o convexos de frecuencia más baja para una visión más amplia y profunda.

La primera estructura identificable es la pared torácica, compuesta por piel, tejido celular subcutáneo, músculos y costillas. Las costillas aparecen como sombras acústicas hiperecogénicas con un cono de sombra posterior. Entre dos costillas, en la ventana intercostal, se observa una línea brillante horizontal correspondiente a la línea pleural.

Hallazgos ecográficos normales

51

Línea pleural

- Línea hiperecogénica, fina y continua, ubicada justo por debajo de las costillas.
- Regularidad y continuidad indican integridad pleural.
- Movimiento rítmico respiratorio genera el signo del deslizamiento pleural.

Signo del deslizamiento pleural (lung sliding)

- Movimiento centelleante, sincrónico con la respiración.
- Representa la fricción fisiológica de las pleuras en contacto.
- Su ausencia puede indicar neumotórax o enfermedad pleural.

Artefactos reverberantes: líneas A

- Líneas horizontales hiperecogénicas, paralelas y equidistantes.
- Originadas por reverberación entre la pleura y el transductor.
- Múltiples líneas A son normales en el pulmón aireado (Fig. 1).

Líneas B aisladas o artefactos en cola de cometa

- Artefactos verticales hiperecogénicos que nacen de la línea pleural.

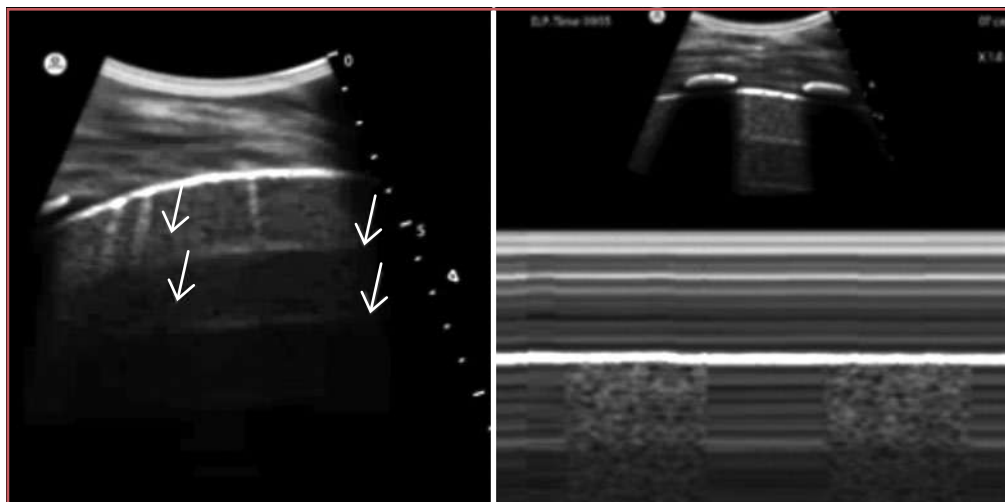


Figura 1. Líneas A y B, así como patrón normal de modo M con signo de la playa.

- Se extienden hasta el fondo de la imagen borrando líneas A.
- Una o dos líneas B aisladas por campo pueden ser normales.

52

Modo M - patrón normal

- En modo M se observa el signo de la playa: la pared torácica inmóvil semeja arena y el movimiento pleural recuerda al mar.
- Confirma deslizamiento pleural y descarta neumotórax.

Consideraciones clínicas del ultrasonido pulmonar normal

El reconocimiento del ultrasonido pulmonar normal es esencial para diferenciar patrones patológicos. Algunos ejemplos son:

- Presencia de múltiples líneas B difusas → edema pulmonar intersticial.
- Ausencia de deslizamiento pleural → neumotórax.
- Interrupción de la línea pleural → consolidación subpleural o enfermedad pleural.

VENTAJAS DEL ULTRASONIDO PULMONAR

El ultrasonido pulmonar es altamente sensible y específico en enfermedad aguda, incluso más que la radiografía en casos de neumotórax o derrame pleural. No usa radiación, lo que lo hace ideal en pediatría, embarazadas y pacientes críticos. Además, permite evaluaciones rápidas a la cabecera del enfermo.

Neumotórax

Presencia de aire en el espacio pleural. El tamaño del neumotórax se cuantifica en función de la proporción de la cavidad pleural que está ocupada por aire, con menos

del 15% de la cavidad pleural clasificada como pequeña, del 15 al 60% como moderada y más del 60% como grande³¹. Los neumotórax ocultos son aquellos que no se detectan inicialmente mediante radiografía de tórax, pero se detectan mediante tomografía computarizada². El neumotórax a tensión se produce cuando el aire atrapado desplaza significativamente las estructuras del mediastino, lo que reduce el flujo sanguíneo de retorno al corazón y provoca un colapso cardiopulmonar potencialmente mortal³¹.

El ultrasonido es una herramienta muy útil para el diagnóstico de neumotórax. Además, su alta disponibilidad, la ventaja de poder realizarse a pie de cama y que no utiliza radiación ionizante lo hacen un método de primera elección para el diagnóstico y posterior toma de decisiones para el tratamiento.

En un estudio (metaanálisis) se comparó el rendimiento diagnóstico de la ecografía torácica realizada por profesionales sanitarios de urgencias con la radiografía de tórax para la detección y el diagnóstico del neumotórax en urgencias, utilizando como método de referencia la tomografía de tórax. En él se demostró que la ecografía torácica presentó mayor sensibilidad (79.4%; 68.2-90.7) que la radiografía de tórax (48.1%; 36.8-59.4) y un mayor valor predictivo negativo (ecografía torácica = 94.3%; 91.2-97.3; y radiografía de tórax = 87.9%; 84.1-91.6). No se observó diferencia estadística en la especificidad entre las dos modalidades: ecografía torácica (99.5% [99-100] y radiografía de tórax (99.8% [99.4-100]) ni en el valor predictivo positivo (ecografía torácica (94.2% [90.5-97.9] versus radiografía de tórax (96.7% [92-100]))³⁰.

Por lo tanto, se puede concluir que el entrenamiento del personal de salud que labora en el servicio de urgencias es de vital importancia para un diagnóstico y consiguiente tratamiento oportuno de esta entidad.

Podemos encontrar los siguientes signos asociados a neumotórax: ausencia de deslizamiento pleural y líneas B, así como el signo del punto pulmonar. Este último muestra una alta especificidad para el diagnóstico de neumotórax, además de permitirnos estimar la gravedad (tamaño del neumotórax) y de esa manera la conducta terapéutica (Fig. 2).

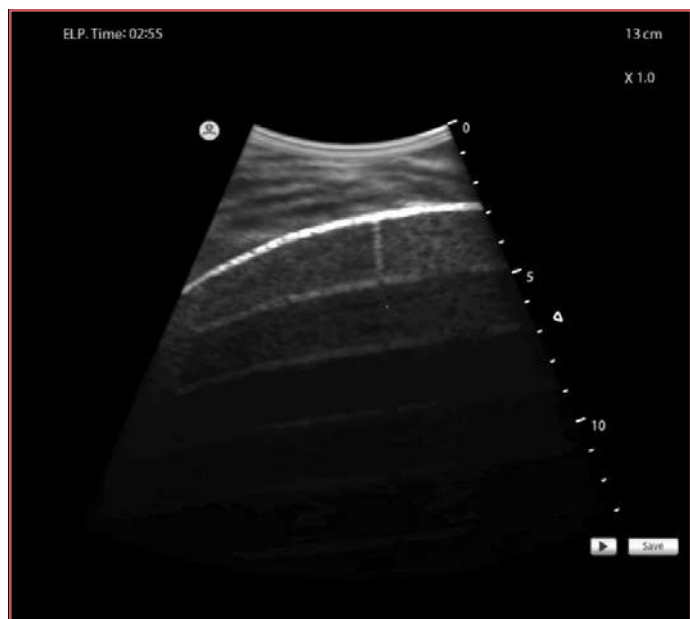


Figura 2. Ausencia de deslizamiento pleural y líneas B. Signo del punto pulmonar.

Derrame pleural

Acumulación anormal de líquido en el espacio pleural. Puede tener diferentes características dependiendo de la etiología.

La pleura parietal presenta zonas de transición a nivel costodiafragmático, costomediastínico, mediastínico-diafragmático y vértice. Así se forman los senos costodiafragmáticos y los senos cardiofrénicos.

Las colecciones del espacio pleural tienen una manifestación radiológica muy variada, que depende de la localización, el volumen y la etiología.

El ultrasonido es un instrumento eficaz para la detección, evaluación y tratamiento del derrame pleural, ya que ofrece una sensibilidad del 100% y una especificidad del 97.7%³² en comparación con la Rx tele de tórax, la ecografía y muy superior a los Rx, los cuales necesitan al menos 150 ml para poder detectar dichas colecciones; sin embargo, el ultrasonido puede detectar cantidades tan pequeñas como de 5 ml, además de permitir la estimación de la cantidad del derrame pleural y determinar características ecográficas, permitiendo realizar una sospecha etiológica y normando la conducta terapéutica³².

Se pueden identificar diferentes signos diagnósticos, dentro de los cuales tenemos³³:

- Signo de la medusa (lengua).
- Signo del sinusoide.
- Signo de la cortina.
- Signo líquido color.

Por ecografía se clasifican de acuerdo a su complejidad en³³:

- Anecoico.
- Complejo no septado.
- Complejo septado.
- Ecogénico.

Patrón anecoico

Generalmente corresponde a un trasudado y se observa como líquido anecoico en el espacio pleural.

Patrón complejo no septado

Corresponde a exudados ricos en proteínas, implicando la existencia de enfermedad pleural. Pueden observarse múltiples ecos finos, los cuales muestran movilidad con la respiración.

Patrón complejo septado

Se trata de exudados que muestran ecos finos móviles, bandas de fibrina que tienden a coalescer condicionando septos de espesor variable.

Patrón ecogénico

Generalmente se observa en los hemotórax, empiemas y derrames malignos. Algunas veces es difícil diferenciarlo de las lesiones sólidas.

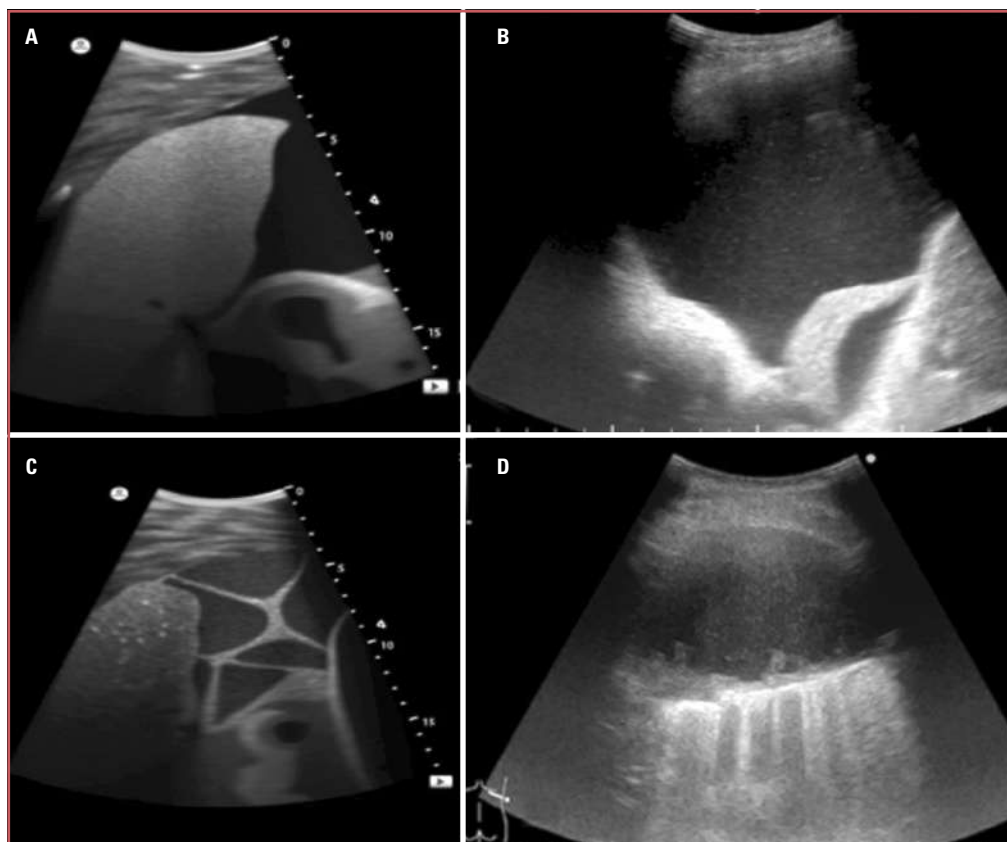


Figura 3. Patrones de derrame pleural por ultrasonido. **A:** anecoico con imagen de simulador. **B:** complejo no septado, imagen de ultrasonido con paciente real. **C:** complejo septado, imagen con simulador de ultrasonido. **D:** ecogénico, imagen de ultrasonido con paciente real.

En el simulador, el caso número 9 corresponde a un derrame pleural complejo septado, en el que se puede observar la presencia de una colección líquida, que muestra septos delgados, asociada con una zona de consolidación (Fig. 3).

Como se ha mencionado previamente, los modelos computacionales ofrecen plataformas para comprender, simular y predecir la dinámica pulmonar tanto en la salud como en la enfermedad³⁴. Los simuladores permiten la presentación de diversos escenarios patológicos, como aquellas condiciones que llevan a la disminución de la ventilación por ocupación o colapso del espacio aéreo; la consolidación³⁵, que principalmente es de origen infeccioso (neumonía), y las atelectasias son dos de las condiciones más frecuentes. Desde que Lichstein (2004) comunicó una sensibilidad del 90% en el diagnóstico de neumonía en pacientes de terapia intensiva, en múltiples estudios se ha demostrado su eficacia. Los hallazgos más comúnmente observados son: consolidación del espacio aéreo (98%) (la ecogenicidad del parénquima pulmonar es similar a la del hígado, en ocasiones llamada hepatización), broncograma y alveolograma aéreo ecográfico (87%) y derrame pleural (50%)³⁶. Conviene aclarar que el broncograma aéreo ecográfico encontrado en el caso de la consolidación por neumonía se denomina «dinámico» porque en tiempo real se puede visualizar el movimiento del aire dentro de bronquio⁴ (Fig. 4).

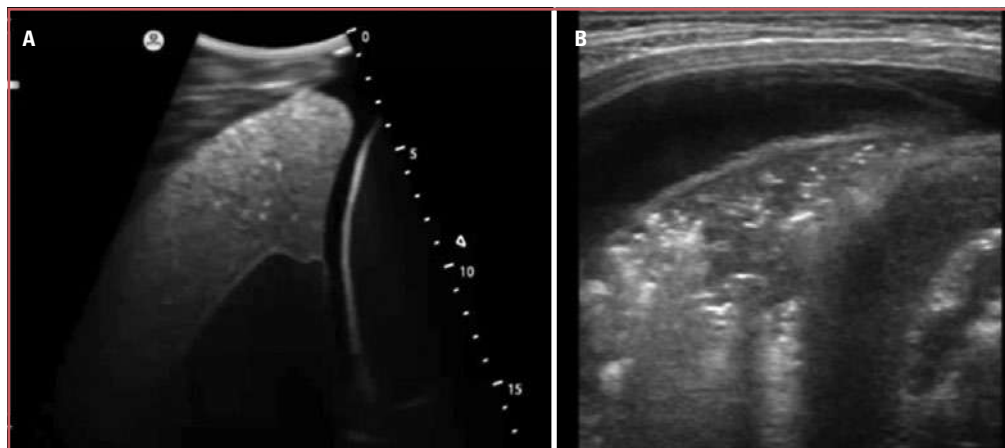


Figura 4. Consolidación pulmonar por ultrasonido, con broncograma y alveolograma aéreo. **A:** imagen de simulador. **B:** imagen con paciente real.

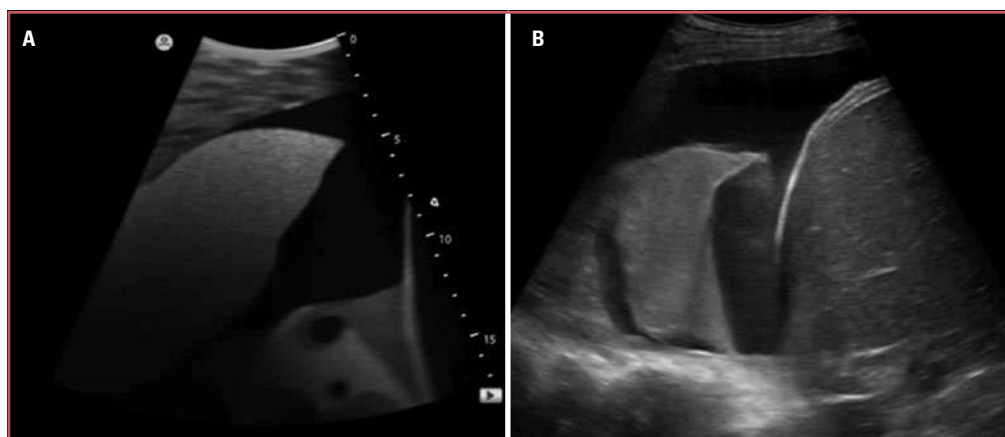


Figura 5. Atelectasia de lóbulo inferior derecho. **A:** por simulador. **B:** imagen con paciente real.

Atelectasia

La atelectasia es la disminución del volumen pulmonar o una parte del mismo. Como bien se sabe, puede tener varias y variables etiologías. Es el principal diagnóstico diferencial de la neumonía. Con frecuencia, uno de hallazgos más relevantes observados en caso de atelectasia es la disminución del volumen pulmonar, que además presenta una morfología en «cuña» y, a diferencia de la neumonía, el broncograma aéreo es llamado «estático» porque en la exploración en tiempo real el aire residual contenido dentro del bronquio afectado no presenta movimiento con la respiración, al contrario de lo observado en la neumonía^{37,38} (Fig. 5). Otro signo en tiempo real encontrado en la ecografía es el signo de la «medusa». Representar la consolidación y atelectasia en diferentes escenarios mediante simulador permite a los profesionales de la medicina y estudiantes identificar e interpretar hallazgos, preparándolos para situaciones futuras situaciones reales³⁵.

BIBLIOGRAFÍA

1. Moore CL, Copel JA. Point-of-care ultrasonography. *N Engl J Med*. 2011;364(8):749-57.
2. Nelson BP, Melnick ER, Li J. Portable ultrasound for remote environments, part II: current indications. *J Emerg Med*. 2011;40(3):313-21.
3. Dietrich CF, et al. Ultrasound in medical education: a WFUMB position paper. *Ultrasound Med Biol*. 2020;46(9):2383-9.
4. Bahner DP, Adkins EJ, Hughes D, et al. Integrated medical school ultrasound: development of an ultrasound vertical curriculum. *Crit Ultrasound J*. 2013;5(1):6.
5. Nair A, Tiyyagura G, Osborn M, et al. Teaching medical students point-of-care ultrasound: a narrative review. *MedEdPORTAL*. 2020;16:10969.
6. Hall JW, Holman H, Bornemann P. Simulation in ultrasound education. En: Ma OJ, Mateer JR, Reardon RF, Joing SA, editores. *Emergency ultrasound*. 3.ª ed. Nueva York: McGraw-Hill; 2014.
7. Blumenfeld YJ, Cannie MM, Schueller J, et al. Accuracy of simulation-based training in fetal ultrasound: a review. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2017;50(3):327-32.
8. Boehm K, et al. Simulation training in ultrasound-guided procedures in emergency medicine: a review. *Med Educ*. 2019;53(4):379-89.
9. McGaghie WC, Issenberg SB, Petrusa ER, et al. A critical review of simulation-based medical education research. *Med Educ*. 2010;44(1):50-63.
10. Riera A, Fortuny C, Farre A, et al. Use of a lung ultrasound simulator in medical education. *Med Educ*. 2018;52(2):215-6.
11. Tessaro MO, Arroyo AC, Haines LE, et al. Point-of-care ultrasonography: a practical guide for pediatric emergency physicians. *Pediatr Emerg Care*. 2018;34(9):640-6.
12. Amini R, Adhikari S. Knobology: optimizing machine settings for diagnostic point-of-care ultrasound. *Ann Emerg Med*. 2016;67(3):349-50.
13. Oveland NP, Davidsen EM, et al. High-fidelity simulation-based education in ultrasound: a systematic review. *Ultraschall Med*. 2021;42(3):216-24.
14. Hall MK, Coffey EC. Ultrasound gain and its impact on image quality: a practical approach. *J Diagn Med Sonogr*. 2020;36(5):370-5.
15. Sidhu HS, Olubaniyi BO, Bhatnagar G, et al. Role of simulation-based education in ultrasound practice training. *J Ultrasound*. 2017;20(2):107-15.
16. Mittelstaedt CA, Kassutto S, Fischer JL, et al. Optimizing the ultrasound beam: focus, depth, and other controls. *J Med Ultrasound*. 2021;29(2):102-8.
17. Lichtenstein DA. Lung ultrasound in the critically ill. *Ann Intensive Care*. 2014;4(1):1.
18. Demi L, van Hoeve W, van Sloun RJG, et al. Determinants of lung ultrasound B-line formation. *Ultrasound Med Biol*. 2020;46(3):641-50.
19. Silva RR, Sandoval E, Torres A, et al. Ultrasound lung imaging: A simulation approach for artefact interpretation. *Diagnostics (Basel)*. 2022;12(11):2751.
20. Ostras O, Demi L, Brunner JX, Kutter O. Diagnostic ultrasound imaging of the lung: A simulation study. *J Acoust Soc Am*. 2021;150(5):3904-16.
21. Yang Y, Kenny P, Tavares JMR. Computational methods in lung ultrasound imaging. *arXiv*. 2021. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2103.11366>
22. Wang Z, Zhou M, Jin Q. Machine learning for COVID-19 lung ultrasound image analysis: A review. *J Imaging*. 2022;8(3):65.
23. Wang Z, Wei S, Zhang W, et al. LUNA: Learning ultrasound for lung aeration assessment. *arXiv*. 2025. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2501.01157>
24. Panicker R, Saini J, Anand R, et al. LUSNet: Lung ultrasound analysis using convolutional networks with physical priors. *arXiv*. 2021. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2106.06980>
25. Wolstenhulme S, McLaughlan J. The use of machine learning and simulation in lung ultrasound. *Ultrasound*. 2021;29(2):108-10.
26. Ota H, Nakao M, Yamada T, et al. Evaluation of a lung ultrasound educational program using a high-fidelity simulator. *BMC Med Educ*. 2023;23:218.
27. See KC, Ong V, Tan YL, et al. Chest radiography vs lung ultrasound for identification of acute respiratory distress syndrome: A systematic review and meta-analysis. *Crit Care*. 2018;22(1):203.
28. Sidhu HS, Olubaniyi BO, Bhatnagar G, et al. Educational utility of simulators in diagnostic radiology training: A systematic review. *Ultrasound J*. 2018;10:26.
29. Cheng A, Auerbach M, Hunt EA, et al. A systematic review and meta-analysis of the use of simulation to teach emergency ultrasound. *Simul Healthc*. 2021;16(1):8-18.
30. Bouillon-Minois JB, Burlet C, Lewiss REt al. Chest ultrasound vs. Radiograph for pneumothorax diagnosis performed by emergency healthcare workers in the emergency department: a systematic review and meta-analysis. *Ultrasound J*. 2025;17(1):37.
31. Eckstein M, Henderson SO. Trauma torácico. En: Marx JA, editores. *Medicina de urgencias de Rosen: conceptos y práctica clínica*. 8.ª ed. Vol. 1. Filadelfia: Saunders, 2014:431-58.

32. Ibitoye BO, Idowu BM, Ogunrombi AB, et al. Ultrasonographic quantification of pleural effusion: comparison of four formulae. *Ultrasonography*. 2018;37(3):254-60.
33. Carrillo Esper R, Carrillo Córdova JR¹, Carrillo Córdova LD. Patrones ultrasonográficos pulmonares en el enfermo grave. *Crítica y Terapia Intensiva*. 2011;XXV(1):24-32.
34. Neelakantan S, et al. Computational lung modelling in respiratory medicine. *J R Soc Interface*. 2022;19(191):20220062.
35. Szostek K, Lasek J, Piórkowski A. Real-Time Simulation of Wave Phenomena in Lung Ultrasound Imaging. *Applied Sciences*. 2023;13(17):9805.
36. Schenck EJ, Rajwani K. Ultrasound in the diagnosis and management of pneumonia. *Curr Opin Infect Dis*. 2016;29(2):223-8.
37. Lichtenstein D, et al. The dynamic air bronchogram. A lung ultrasound sign of alveolar consolidation ruling out atelectasis. *Chest*. 2009;135(6):1421-5.
38. Wenlong L, et al. Lung ultrasound for the diagnosis of pulmonary atelectasis in both adults and pediatrics: A protocol for systematic review and meta-analysis. *Medicine*. 2022;101(46):e28397.

Desarrollo de competencias clínicas en vía aérea del adulto a través de la simulación

María de los Ángeles Macías Jiménez, Diana Elizabeth García Campos,
Héctor Olvera Prado y Óscar Francisco Silva Gómez

INTRODUCCIÓN

El control de la vía aérea constituye un desafío crítico en la práctica clínica para el personal de salud, ya que una respuesta ineficaz puede incrementar significativamente la morbilidad, la mortalidad y los costos hospitalarios asociados a la atención y los cuidados posteriores. Los eventos adversos derivados de un manejo inadecuado no sólo impactan directamente en el paciente, sino también en su familia y en los profesionales involucrados, quienes pueden experimentar consecuencias emocionales, psicológicas y profesionales, un fenómeno descrito en la literatura científica como segunda víctima^{1,2}.

La incidencia de eventos adversos relacionados con el manejo de la vía aérea varía de forma considerable según el contexto clínico y la región geográfica. En el *4th National Audit Project of the Royal College of Anaesthetists and the Difficult Airway Society*, en el que se analizaron 2.9 millones de anestесias generales realizadas en el Reino Unido durante un año, se reportó una incidencia de siete casos por cada millón de pacientes con desenlaces fatales o daño cerebral asociados al control de la vía aérea³. En contraste, en un estudio multicéntrico publicado por Russotto, et al.⁴, que incluyó 2,964 pacientes de 29 países que requirieron intubación de urgencia, se encontró que el 45.2% de los pacientes presentó al menos un evento adverso mayor durante el proceso periintubación, destacando la hipoxemia severa en el 9.3% y el paro cardíaco en el 3.1%, de los cuales el 47.5% no tuvo retorno a la circulación espontánea. Estos hallazgos evidencian que el riesgo de complicaciones puede ser sustancialmente mayor en escenarios de urgencia y fuera de quirófano.

El desafío en el manejo de la vía aérea se intensifica al considerar que los primeros respondedores pueden ser profesionales de distintas áreas de la salud –anestesiólogos, intensivistas, médicos residentes, personal de enfermería, paramédicos, entre otros–, con niveles variables de formación y experiencia. Esta heterogeneidad en las curvas de aprendizaje y los niveles de competencia entre los proveedores de atención subraya la necesidad de promover la estandarización de procesos y en la capacitación, con el objetivo de optimizar los desenlaces clínicos y reducir el riesgo de eventos adversos.

Garantizar una adecuada oxigenación y ventilación requiere la integración de destrezas técnicas, tales como la ventilación con mascarilla facial, el uso de dispositivos supraglóticos, la laringoscopia y el acceso anterior de cuello, junto con habilidades cognitivas y sociales que resultan igualmente críticas, incluyendo la conciencia situacional, el trabajo en equipo, la toma de decisiones y el liderazgo. La interacción efectiva entre estas competencias permite una respuesta estructurada y eficiente ante situaciones de alta complejidad.

En este contexto, la diversidad de factores clínicos, técnicos y humanos pone de manifiesto la necesidad de desarrollar programas de entrenamiento inmersivo, diseñados para favorecer la adquisición, consolidación y evaluación de competencias clínicas. Dichos programas deben incorporar metodologías que promuevan la reflexión crítica sobre la práctica, la retroalimentación constructiva y la transferencia de habilidades a escenarios clínicos reales, contribuyendo así a la mejora del desempeño profesional y a la seguridad del paciente.

FUNDAMENTOS DE LAS COMPETENCIAS CLÍNICAS EN LA VÍA AÉREA

Destrezas técnicas

Las competencias técnicas necesarias para el entrenamiento en vía aérea deben individualizarse dependiendo del equipo de salud que se busca entrenar. Existen sociedades internacionales líderes en el análisis de procesos y la creación de material de enseñanza y aprendizaje para el control de la vía aérea. Entre ellas destacan la *Difficult Airway Society*⁵ y *The Vortex Approach*⁶, que han desarrollado guías, algoritmos, infografías, listas de verificación y material didáctico que facilitan la comprensión de los puntos clave para el manejo seguro de la vía aérea.

Estas sociedades hacen especial énfasis en la necesidad de mantener un modelo mental que priorice la oxigenación sobre la intubación. Si bien esta premisa parece lógica en un contexto de análisis y reflexión, durante una situación de crisis pueden omitirse pasos críticos que, en condiciones de calma, serían reconocidos como necesarios. Por este motivo, el uso de algoritmos estructurados y modelos visuales busca reforzar las destrezas básicas indispensables para:

- Ventilación con mascarilla facial.
- Ventilación con dispositivos supraglóticos.
- Intubación mediante laringoscopia y/o videolaringoscopia.
- Acceso anterior de cuello mediante cricotiroidectomía con bisturí.

Además, existen procesos y algoritmos complementarios que involucran procedimientos más avanzados como intubación híbrida o intubación con paciente despierto. Es fundamental considerar las curvas de aprendizaje asociadas a cada una de estas destrezas. Si bien la literatura científica reporta variabilidad en la adquisición de competencias, es necesario establecer objetivos claros de práctica deliberada que permitan detectar errores, realizar correcciones y garantizar un número mínimo de procedimientos exitosos antes de aplicar estas técnicas en pacientes reales. En este sentido, la implementación de *checklists* estandarizados resulta esencial para uniformar la enseñanza y asegurar la ejecución segura de cada técnica.

Un ejemplo ilustrativo de esta estrategia puede encontrarse en el estudio publicado por McMurray, et al.⁷, quienes realizaron una cohorte prospectiva, comparativa y no aleatorizada en un centro de simulación. Participaron 89 aprendices poco experimentados (54 estudiantes de medicina de primer y segundo año) y 35 médicos de la Marina sin experiencia previa en la técnica de cricotiroidectomía. Tras recibir un entrenamiento teórico inicial, ambos grupos alcanzaron un desempeño satisfactorio después de 10 prácticas supervisadas en simulación, demostrando la efectividad del entrenamiento estructurado y repetitivo.

Destrezas no técnicas

Las situaciones de crisis en el manejo de la vía aérea suelen asociarse a una sobrecarga cognitiva significativa⁸, la cual impacta en la toma de decisiones y, con ello, en

el desenlace de la atención que recibe el paciente⁹. En este contexto, el factor humano adquiere un papel determinante. Por ello, además del desarrollo de habilidades técnicas, resulta imprescindible integrar de forma efectiva las destrezas no técnicas –entendidas como las no relacionadas con el conocimiento médico o técnicas de procedimientos–, que incluyen habilidades cognitivas (por ejemplo, conciencia situacional, toma de decisiones) e interpersonales (comunicación efectiva, trabajo en equipo, intercambio de información, asertividad)¹⁰ y que permiten una integración óptima de las capacidades técnicas.

La trágica muerte de Elaine Bromiley en 2005 ha sido objeto de estudio por expertos alrededor del mundo. Este caso ayudó a hacer aún más visible cómo el factor humano puede influir en un desenlace fatal a pesar de ser atendido por personal experto. Actualmente se cuenta con un amplio análisis del caso e incluso recreaciones en vídeo que pueden utilizarse como material de aprendizaje en el entrenamiento de la vía aérea. En una situación de «no puedo ventilar, no puedo intubar», la falta de liderazgo efectivo fue percibida por los involucrados en este caso como uno de los factores más importantes que favorecieron el deterioro clínico de Elaine¹¹.

En la actualidad, un número creciente de equipos multidisciplinarios y de alto rendimiento emplean la simulación clínica como herramienta de práctica y entrenamiento para integrar y perfeccionar estas competencias. Este enfoque facilita respuestas rápidas, coordinadas y efectivas en escenarios de vía aérea difícil, mejorando los resultados clínicos^{12,13}.

ROL DE LA SIMULACIÓN EN EL ENTRENAMIENTO DE LA VÍA AÉREA

61

La simulación médica moderna tomó inspiración de la Aviación en la segunda mitad del siglo XX, y la anestesiología fue una de las primeras especialidades en adoptarla como herramienta educativa¹⁴. En la década de 1960, dispositivos como Resusci-Anne marcaron un hito en el entrenamiento de maniobras de reanimación y vía aérea¹⁵.

Posteriormente surgieron simuladores más complejos como Sim One diseñados para escenarios de anestesia y crisis, lo que consolidó el papel de la simulación en la enseñanza médica¹⁶. Con el tiempo, esta evolucionó hacia sistemas de alta fidelidad, capaces de reproducir parámetros fisiológicos y respuestas clínicas realistas, y que hoy son fundamentales para la formación técnica y el entrenamiento en crisis de vía aérea^{17,18}.

Beneficios de la simulación frente a enseñanza tradicional

La enseñanza tradicional del manejo de la vía aérea se ha basado en el modelo de «aprender haciendo» bajo supervisión directa en el quirófano o en situaciones clínicas reales. Aunque este enfoque ha sido el estándar durante décadas, presenta limitaciones claras. La exposición del personal de salud a procedimientos críticos depende de la oportunidad clínica, lo que puede generar una formación desigual: algunos tendrán una amplia experiencia, mientras que otros enfrentarán su primera vía aérea difícil en un contexto real y bajo presión^{19,20}.

Además, la enseñanza tradicional suele ofrecer pocas oportunidades de repetición deliberada. El personal de la salud realiza el procedimiento una o dos veces según lo permita el caso, sin garantía de reforzar lo aprendido ni de enfrentarse nuevamente a escenarios de alta complejidad. Esta variabilidad limita la consolidación de habilidades y puede poner en riesgo la seguridad del paciente²¹.

En contraste, la simulación ofrece un entorno controlado donde los estudiantes pueden practicar de forma repetida, estructurada y segura. No sólo permite entrenar técnicas como la intubación con laringoscopia directa, el uso de videolaringoscopios o dispositivos supraglóticos, sino que también brinda la posibilidad de enfrentarse a escenarios poco frecuentes, pero de gran riesgo, como la intubación imposible o la necesidad de una vía aérea quirúrgica^{20,22}. En la práctica clínica, estos eventos ocurren de manera esporádica, lo que dificulta su enseñanza sistemática; en cambio, la simulación asegura que cada aprendiz pueda vivir y resolver dichas situaciones.

Otro beneficio clave es la retroalimentación inmediata. Mientras que en la enseñanza clínica muchas veces la evaluación del desempeño se limita a comentarios informales del tutor, en simulación se pueden registrar métricas objetivas (tiempo de intubación, número de intentos, saturación durante el procedimiento) y ofrecer *feedback* estructurado. Este enfoque mejora la retención a largo plazo y acelera la curva de aprendizaje²¹.

La simulación también impacta en la formación de habilidades no técnicas. Revisiones sistemáticas han demostrado mejoras en comunicación, liderazgo y coordinación del equipo cuando se emplea la simulación en el entrenamiento de vía aérea¹⁹. Estos aspectos suelen pasarse por alto en la enseñanza tradicional, donde la atención se centra en la técnica, pero resultan decisivos en situaciones de crisis.

Finalmente, la simulación promueve un aprendizaje libre de riesgo para el paciente, lo que constituye su mayor ventaja ética y de seguridad. Ningún paciente debería estar expuesto a complicaciones graves derivadas de la curva de aprendizaje del personal de salud. En este sentido, la simulación democratiza la enseñanza, pues garantiza que todo el personal de salud en formación alcance un nivel de competencia mínima antes de trasladar sus habilidades a la práctica clínica real^{20,22}.

Tipos de simuladores aplicables: niveles

La simulación en vía aérea incluye una gama de dispositivos y entornos que se diferencian por su nivel de fidelidad, es decir, el grado en que logran imitar la anatomía, la fisiología y la experiencia clínica real.

Simulación de baja fidelidad

Consiste en modelos anatómicos simples, generalmente cabezas o torsos de plástico. Se utilizan para practicar maniobras básicas como la ventilación con mascarilla facial y la intubación orotraqueal directa^{20,21}. Aunque carecen de respuesta fisiológica, su bajo costo y accesibilidad permiten un alto volumen de práctica. Estos modelos son especialmente útiles en las primeras etapas del aprendizaje, donde la familiarización con la anatomía y los pasos técnicos es prioritaria.

Simulación de fidelidad intermedia

Estos simuladores incorporan estructuras anatómicas más realistas y, en algunos casos, retroalimentación parcial, como la resistencia al paso del tubo o la confirmación de ventilación adecuada. Permiten practicar técnicas como el uso de dispositivos supraglóticos, la intubación con videolaringoscopio y la realización de cricotiroidotomías²⁰. Representan un puente entre el aprendizaje básico y la simulación de alta fidelidad, ofreciendo entrenamiento más específico con un costo todavía accesible.

Simulación de alta fidelidad

Son maniqués avanzados, integrados con *software*, que imitan funciones fisiológicas como respiración espontánea, saturación de oxígeno, frecuencia cardíaca y cambios hemodinámicos. Estos modelos permiten recrear situaciones críticas como la intubación imposible, la desaturación rápida o la necesidad de una vía aérea quirúrgica de emergencia^{19,22}. Además de las destrezas técnicas, favorecen la práctica de habilidades no técnicas al permitir la interacción en equipo bajo presión. Su principal limitación es el alto costo y la necesidad de instructores especializados.

Simulación virtual y realidad aumentada

Constituyen la frontera actual en el entrenamiento. La realidad virtual permite simular algoritmos completos de manejo de vía aérea en entornos digitales inmersivos, mientras que la realidad aumentada combina modelos físicos con información proyectada en tiempo real que enriquecen la experiencia^{20,22}.

Estas tecnologías ofrecen la ventaja de ser escalables, con la posibilidad de adaptarse al nivel de cada estudiante, y representan una alternativa prometedora para superar barreras de costo y acceso a simuladores de alta fidelidad.

En conjunto, la progresión desde modelos básicos hasta sistemas virtuales avanzados permite un aprendizaje escalonado: primero se adquieren destrezas fundamentales, luego se desarrollan técnicas avanzadas y finalmente se consolidan competencias para escenarios de crisis. Así, la simulación se convierte en un eje esencial para garantizar que los anestesiólogos enfrenten con seguridad tanto situaciones rutinarias como emergencias vitales.

63

DISEÑO DEL ENTRENAMIENTO

Identificación de objetivos de aprendizaje

El diseño de un programa de simulación para la vía aérea debe comenzar con la definición clara y estructurada de los objetivos de aprendizaje. Estos objetivos no sólo marcan la dirección del entrenamiento, sino que también permiten establecer criterios de evaluación y determinar la progresión adecuada en cada etapa.

En términos pedagógicos, los objetivos pueden dividirse en tres dominios principales:

- **Cognitivos:** se refieren al conocimiento teórico sobre algoritmos de manejo de la vía aérea, fisiología respiratoria, farmacología asociada a la inducción anestésica y protocolos de seguridad. Por ejemplo, el experto en la vía aérea debe reconocer de memoria los pasos del algoritmo de la *American Society of Anesthesiologists* para el manejo de la vía aérea difícil²³.
- **Psicomotores:** se centran en la ejecución técnica, como la ventilación con mascarilla facial, la intubación orotraqueal directa o el uso de dispositivos supraglóticos. Estos objetivos requieren repetición deliberada y retroalimentación inmediata, lo cual es posible en un entorno de simulación²⁴.
- **Afectivos y conductuales:** engloban la autoconfianza, la resiliencia, la toma de decisiones bajo presión y la ética en la atención. El entrenamiento en simulación permite que los expertos en la vía aérea desarrollen no sólo destrezas técnicas, sino también comportamientos seguros y centrados en el paciente²⁵.

La formulación de objetivos debe adaptarse al nivel de formación del participante. Un residente en etapas iniciales puede tener como meta identificar correctamente la anatomía laríngea y realizar ventilación con mascarilla, mientras que un experto en la vía aérea en entrenamiento avanzado deberá demostrar liderazgo en un escenario de «no intubación, no oxigenación» y coordinar un plan de vía aérea quirúrgica de emergencia²⁶.

En este sentido, la simulación se convierte en una herramienta flexible, capaz de responder a necesidades diversas y de alinear los objetivos de aprendizaje con las competencias internacionales exigidas en seguridad del paciente²⁷.

Selección de escenarios clínicos relevantes

Una vez establecidos los objetivos, el siguiente paso es la selección cuidadosa de escenarios clínicos que reflejen situaciones reales y de alto impacto. La literatura científica respalda que los programas más efectivos incluyen tanto casos rutinarios como emergencias poco frecuentes pero críticas²⁸:

- Escenarios frecuentes: ventilación con mascarilla facial, intubación electiva en paciente sin predictores de dificultad, colocación de dispositivos supraglóticos. Estos escenarios permiten reforzar las competencias esenciales y estandarizar el desempeño de todos los expertos en la vía aérea, garantizando que la base técnica sea sólida y homogénea²⁹.
- Escenarios de complejidad intermedia: incluyen el entrenamiento en intubación con videolaringoscopia, la inserción de mascarillas laríngeas de segunda generación y la intubación en pacientes con movilidad cervical limitada. Estos escenarios son particularmente valiosos porque representan situaciones comunes en el quirófano que pueden complicarse si no se ejecutan con precisión²⁶.
- Escenarios críticos y de baja frecuencia: vía aérea difícil inesperada, broncoaspiración masiva, sangrado activo durante la intubación, edema laríngeo postextubación, radiación a cuello, estómago lleno, trauma facial y la necesidad de una cricotiroidotomía de emergencia. Estos eventos son poco frecuentes en la práctica diaria, pero su aparición conlleva un altísimo riesgo de complicaciones y mortalidad. Su entrenamiento sistemático en simulación permite al experto en la vía aérea reconocer signos tempranos, aplicar algoritmos validados y coordinar eficazmente al equipo³⁰.

La inclusión de estos escenarios no sólo entrena habilidades técnicas, sino que también permite identificar fallas sistémicas en el trabajo en equipo y desarrollar estrategias de mejora en la comunicación y la coordinación interdisciplinaria.

Niveles progresivos de entrenamiento

El aprendizaje en vía aérea mediante simulación debe plantearse como un proceso escalonado y progresivo, en el que la complejidad de los escenarios aumenta conforme el participante consolida sus competencias. Este enfoque, conocido como *competency-based education*, busca que el experto en la vía aérea no avance a niveles más complejos hasta demostrar un dominio sólido en etapas previas²⁴.

El escalonamiento garantiza que el entrenamiento sea más que un ejercicio técnico repetitivo. Implica establecer criterios de desempeño que permitan evaluar objetivamente cuándo un aprendiz puede pasar al siguiente nivel. Estos criterios pueden incluir:

- Métricas objetivas: tiempo de intubación, número de intentos, tasa de éxito en la colocación de dispositivos supraglóticos, cambios en la saturación de oxígeno durante el procedimiento.

- Herramientas estandarizadas de evaluación: *Objective Structured Clinical Examination*, *Direct Observation of Procedural Skills*, listas de verificación de vía aérea difícil validadas.
- Indicadores de habilidades no técnicas: liderazgo, comunicación efectiva, toma de decisiones bajo presión.

Un aspecto clave del escalonamiento es la repetición deliberada en cada nivel. La simulación permite que el error sea parte del aprendizaje, ofreciendo al experto en la vía aérea la oportunidad de reflexionar y recibir retroalimentación estructurada sin poner en riesgo al paciente³¹.

Etapas del entrenamiento

El diseño curricular en simulación para vía aérea se organiza habitualmente en tres grandes etapas progresivas:

- Vía aérea básica: incluye ventilación con mascarilla facial, uso de cánulas orofaríngeas y nasofaríngeas, e intubación orotraqueal directa. Los simuladores de baja fidelidad resultan suficientes en este nivel, pues permiten una gran cantidad de repeticiones sin un costo elevado²⁹.
- Vía aérea avanzada: se incorporan dispositivos más complejos como videolaringoscopios, mascarillas laríngeas de segunda generación e intubación con fibrobroncoscopio. Aquí, los simuladores de fidelidad intermedia o alta ofrecen retroalimentación más realista²⁶.
- Vía aérea difícil y en crisis: reproduce escenarios como intubación imposible, necesidad de cricotiroidotomía de emergencia, trauma maxilofacial y situaciones de «no intubación, no oxigenación». En este nivel se entrenan tanto la técnica como las habilidades cognitivas y conductuales bajo alta presión³⁰.

65

Integración de habilidades no técnicas

El manejo de la vía aérea no depende únicamente de la destreza técnica. Una parte importante de los eventos adversos se asocia a fallas en la comunicación, coordinación del equipo o liderazgo²⁵.

La simulación representa un entorno único para entrenar estas habilidades no técnicas:

- Comunicación efectiva: dar instrucciones claras y estructuradas.
- Liderazgo: dirigir al equipo y asignar tareas en crisis.
- Trabajo en equipo: integrar disciplinas y optimizar la respuesta clínica²⁶.
- Manejo del estrés y toma de decisiones: enfrentar situaciones críticas en un entorno seguro.

Evaluación del desempeño

El diseño de un programa de simulación debe incluir la evaluación estructurada del aprendizaje, con herramientas objetivas como:

- *Checklists*.
- Métricas cuantitativas (tiempo de intubación, número de intentos).
- Escalas de habilidades no técnicas como *Anesthetist'Non-Technical Skills* (ANTS).
- Autoevaluación y evaluación por pares.

La retroalimentación inmediata ha demostrado mejorar la retención a largo plazo y aumentar la seguridad en la práctica clínica²⁷.

La simulación en el entrenamiento de la vía aérea debe concebirse como un proceso integral que combine:

- Objetivos claros en dominios cognitivos, psicomotores y conductuales.
- Escenarios clínicos relevantes y progresivos.
- Escalonamiento de complejidad.
- Entrenamiento simultáneo de habilidades técnicas y no técnicas.
- Evaluación estructurada con retroalimentación inmediata.

Este modelo asegura que los expertos en la vía aérea no sólo dominen la técnica, sino que además desarrollen las competencias cognitivas y conductuales necesarias para enfrentar con éxito las situaciones más desafiantes de su práctica clínica

ESCENARIOS DE SIMULACIÓN

Diseño

La creación de escenarios de simulación debe orientarse a conseguir una representación de una situación clínica real de vía aérea, de manera que los participantes la perciban como auténtica. Se requiere de una planificación detallada para una estandarización que facilite que la experiencia sea percibida igual a diferentes participantes de la simulación, manteniendo así la experiencia y el enfoque de aprendizaje planteado. Establecer objetivos claros durante la fase de planeación es fundamental para asegurar un desarrollo coherente de la simulación y la transmisión de un mensaje final consistente y alineado con las competencias a practicar.

66

Existen múltiples plantillas publicadas para favorecer la implementación de escenarios; por ejemplo, el *Royal College of Anaesthetists* pone a disposición en su página web una serie de escenarios de simulación estructurados que pueden utilizarse directamente o adaptarse según las necesidades formativas de cada centro³². Asimismo, Gómez-López, et al.³³ han propuesto una plantilla específicamente diseñada para la creación de escenarios de simulación. Su diseño visual facilita la comprensión y adaptación de los aspectos fundamentales del diseño e incorpora un apartado fácil de consultar para el guion que es utilizado durante la implementación del escenario.

Prebriefing

El *prebriefing* constituye un componente esencial en cualquier actividad de simulación. Durante esta fase se debe informar a los participantes sobre la logística, las limitaciones de la simulación y la manera en que éstas pueden influir en el desarrollo del escenario. Los simuladores de alta fidelidad permiten recrear con mayor precisión fenómenos clínicos, como dificultades en la ventilación o la aparición de cianosis; sin embargo, cuando se dispone de equipos de menor complejidad o en situaciones donde es necesario simular la presencia de secreciones orofaríngeas, sangrado, etc., es importante explicar las limitaciones inherentes y cómo serán compensadas por los facilitadores.

Rudolph, et al. han destacado la relevancia de garantizar la seguridad psicológica de los participantes, generando un entorno de aprendizaje donde la identidad profesional de los participantes no se ponga en riesgo, es decir, la creación de un «contenedor seguro»³⁴. Este ambiente fomenta la confianza necesaria para participar activamente, solicitar ayuda, expresar dudas y ensayar nuevas conductas. Dichas condiciones son indispensables para favorecer un aprendizaje significativo que permita romper paradigmas de

conductas, planeación o prácticas, donde intubar no sea la prioridad, sino mantener la oxigenación del paciente mediante la aplicación de las destrezas técnicas y no técnicas adquiridas.

Desarrollo y conclusión del escenario

Durante la fase de ejecución, es fundamental seguir el guion previamente diseñado, que contempla el caso clínico, los roles, la disposición del mobiliario y el material disponible, etc. El desarrollo debe procurar que las competencias clínicas planteadas se representen de manera coherente con los objetivos de aprendizaje. Es igualmente relevante definir los momentos en los que el participante recibirá ayuda, dado que este aspecto forma parte de los algoritmos de manejo de la vía aérea difícil.

La ambientación del escenario debe aproximarse a la realidad institucional donde los participantes aplicarán las competencias aprendidas; por ejemplo, incluir un carro de vía aérea difícil con el equipamiento habitual de la institución. Finalmente, el cierre del escenario debe realizarse de la forma más natural posible, con el objetivo de preservar el realismo y mantener la congruencia pedagógica de la experiencia.

Con base en lo anterior, resulta evidente la necesidad de contar con facilitadores capacitados en simulación, capaces de generar el entorno de aprendizaje adecuado para garantizar el desarrollo de una experiencia de simulación efectiva.

HERRAMIENTAS PARA EVALUAR LAS COMPETENCIAS DURANTE LA SIMULACIÓN

67

Se debe tener en cuenta que la evaluación no es de tipo formal o tradicional, sino que se utilizan herramientas para verificar que se cumplan los objetivos de aprendizaje, además de diferentes herramientas para evaluar las destrezas técnicas y no técnicas, con el objetivo de ofrecer una retroalimentación que sume a la experiencia de los participantes de la simulación y favorezca el desarrollo de sus destrezas³⁴.

Sin hacer explícito para los participantes las herramientas usadas, se debe aclarar que los errores no son punitivos, sino que deben verse como algo valioso, ya que puede aprenderse mucho de ellos, y los facilitadores están para retroalimentar y ayudar a mejorar las destrezas de los participantes. Se pueden generar *checklist* específicos para las destrezas técnicas que se deben supervisar y evaluar en conjunto con la herramienta Escala de Desempeño Global (*Global Rating Scale*)³⁵ o habilidades no técnicas del anestesiólogo (ANTS)²⁵.

RETROALIMENTACIÓN Y DEBRIEFING ESTRUCTURADO

El *debriefing* se rige por los mismos principios básicos aplicables en otras áreas de la simulación, desarrollándose siempre en un entorno formal y respetuoso que favorezca el análisis crítico y la reflexión conjunta entre facilitadores y participantes (Eppich y Cheng, 2015)³⁶.

Es fundamental enfatizar la importancia de definir objetivos claros, ya que éstos garantizan que el *debriefing* cubra los aspectos planificados y proporcione la retroalimentación necesaria para el aprendizaje. Existen diversos métodos para conducir esta fase, y

el conocimiento de sus particularidades permite a los facilitadores seleccionar el modelo más adecuado de acuerdo con las necesidades del plan de simulación³⁷.

Entre los enfoques más difundidos se encuentra el protocolo PEARLS (*Promoting Excellence And Reflective Learning in Simulation*), que integra diferentes estrategias de *debriefing* en un marco estructurado y adaptable³⁶. Asimismo, la técnica plus/delta ofrece un esquema práctico para facilitar el análisis de fortalezas y áreas de mejora³⁶, lo que resulta particularmente útil en escenarios de vía aérea difícil.

CONCLUSIONES

El interés por la simulación en el manejo de la vía aérea ha aumentado de manera significativa en los últimos años, probablemente como consecuencia de la creciente atención hacia la seguridad del paciente. Las situaciones de emergencia relacionadas con la vía aérea pueden derivar en complicaciones neurológicas graves e incluso en la muerte.

Por ello, los equipos de salud –tanto en formación como en ejercicio clínico– deben contar con la oportunidad de familiarizarse con protocolos, algoritmos, así como con las destrezas básicas y avanzadas necesarias para el control de la vía aérea antes de enfrentarse a un paciente real.

La simulación representa una herramienta versátil, aplicable tanto en profesionales en formación como en personal de salud ya incorporado a instituciones, y constituye además un recurso valioso para fortalecer la integración de equipos de respuesta rápida. Las ventajas de entrenar protocolos, algoritmos y estrategias de control de crisis en entornos controlados se han asociado con un mejor desempeño en situaciones clínicas reales.

En este sentido, se hace un llamado a integrar este tipo de entrenamiento como estándar en la práctica de la medicina, con el objetivo de mejorar la seguridad del paciente y optimizar los resultados clínicos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Wu AW. Medical error: the second victim. The doctor who makes the mistake needs help too. *BMJ*. 2000;320(7237):726-7.
2. Seys D, Wu AW, Van Gerven E, et al. Health care professionals as second victims after adverse events: a systematic review. *Eval Health Prof*. 2013;36(2):135-62.
3. Cook TM, Woodall N, Frerk C; Fourth National Audit Project. Major complications of airway management in the UK: results of the Fourth National Audit Project of the Royal College of Anaesthetists and the Difficult Airway Society. Part 1: anaesthesia. *Br J Anaesth*. 2011;106(5):617-31.
4. Russotto V, Myatra SN, Laffey JG, et al. Intubation practices and adverse peri-intubation events in critically ill patients from 29 countries. *JAMA*. 2021;325(12):1164-72.
5. Frerk C, Mitchell VS, McNarry AF, et al. Difficult Airway Society 2015 guidelines for management of unanticipated difficult intubation in adults. *Br J Anaesth*. 2015;115(6):827-48.
6. Charco-Mora P, Urtubia R, Reviriego-Agudo L. The Vortex model: a different approach to the difficult airway. *Rev Esp Anestesiol Reanim (Engl Ed)*. 2018;65(7):385-93.
7. McMurray H, Kraemer LS, Jaffe E, et al. Development of a simulation surgical cricothyroidotomy curriculum for novice providers: a learning curve study. *Mil Med*. 2023;188(5-6):e1028-35.
8. Ambardekar AP, Rosero EB, Bhoja R, et al. A randomized controlled trial comparing learners' decision-making, anxiety, and task load during a simulated airway crisis using two difficult airway aids. *Simul Healthc*. 2019;14(2):96-103.
9. Edelman DA, Duggan LV, Lockhart SL, et al. Prevalence and commonality of non-technical skills and human factors in airway management guidelines: a narrative review of the last 5 years. *Anaesthesia*. 2022;77(10):1129-36.
10. Yee B, Naik VN, Joo HS, et al. Nontechnical skills in anesthesia crisis management with repeated exposure to simulation-based education. *Anesthesiology*. 2005;103(2):241-8.
11. McClelland G, Smith MB. Just a routine operation: a critical discussion. *J Perioper Pract*. 2016;26(5):114-7.

12. Mark L, Lester L, Cover R, et al. decade of difficult airway response team: lessons learned from a hospital-wide difficult airway response team program. *Crit Care Clin.* 2018;34(2):239-51.
13. Tsai AC, Krisciunas GP, Brook C, et al. Comprehensive emergency airway response team (EART) training and education: impact on team effectiveness, personnel confidence, and protocol knowledge. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 2016;125(6):457-63.
14. Gaba DM. The future vision of simulation in health care. *Qual Saf Health Care.* 2004;13 Suppl 1:i2-i10.
15. Laerdal A, Lind B. The 'Resusci Anne' story. *Resuscitation.* 2005;66(3):279-83.
16. Aggarwal R, Mytton OT, Derbrew M, Arora S, Falcone JL, Kessler DO, et al. Training and simulation for patient safety. *BMJ Qual Saf.* 2010;19(Suppl 1):i34-i43.
17. Rosen KR. The history of medical simulation. *J Crit Care.* 2008;23(2):157-66.
18. Okuda Y, Bryson EO, DeMaria S Jr, Jacobson L, Quinones J, Shen B, et al. The utility of simulation in medical education: what is the evidence? *Mt Sinai J Med.* 2009;76(4):330-43.
19. Wayne DB, Butter J, Siddall VJ, Fudala MJ, Linquist LA, Feinglass J, et al. Simulation-based training of internal medicine residents in advanced cardiac life support protocols: a randomized trial. *Teach Learn Med.* 2005;17(3):210-6.
20. Naik VN, Matsumoto ED, Houston PL, Hamstra SJ, Yeung RY, Mallon JS, et al. Fiberoptic orotracheal intubation on anesthetized patients: do manipulation skills learned on a simple model transfer into the operating room? *Anesthesiology.* 2001;95(2):343-8.
21. Ericsson KA. Deliberate practice and the acquisition and maintenance of expert performance in medicine and related domains. *Acad Med.* 2004;79(10 Suppl):S70-81.
22. Cook DA, Hatala R, Brydges R, Zendejas B, Szostek JH, Wang AT, et al. Technology-enhanced simulation for health professions education: a systematic review and meta-analysis. *JAMA.* 2011;306(9):978-88.
23. Apfelbaum JL, Hagberg CA, Connis RT, et al. 2022 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Management of the Difficult Airway. *Anesthesiology.* 2022;136(1):31-81.
24. Kumar P, Patel R. Simulation in airway management teaching and training. *Indian J Anaesth.* 2024;68(1):20-34.
25. Flin R, Patey R, Glavin R, Maran N. Anaesthetists' non-technical skills. *Br J Anaesth.* 2010;105(1):38-44.
26. Smith A, Johnson B, Lee C, et al. Effect of simulation-based team training in airway management: a systematic review. *Anaesthesia.* 2021;76(10):1352-60.
27. Evans J, Martin L. Simulation in airway management: a review of its impact on clinical practice. *Respir Care.* 2019;64(3):345-53.
28. Roberts M, Williams S, Chen D. Evidence base in airway management training. *J Clin Anesth.* 2015;27(4):280-6.
29. Abrahamson S, Denson JS, Wolf RM. Effectiveness of a simulator in training anesthesiology residents. *J Med Educ.* 1969;44(6):515-9.
30. Ziv A, Small SD, Wolpe PR. Patient safety and simulation-based medical education. *Med Teach.* 2000;22(5):489-95.
31. Issenberg SB, McGaghie WC, Petrusa ER, Gordon DL, Scalese RJ. Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: a BEME systematic review. *Med Teach.* 2005;27(1):10-28.
32. Royal College of Anaesthetists. Critical incident simulation [Internet]. Londres: RCoA; [citado el 23 de agosto de 2025]. Disponible en: <https://rcoa.ac.uk/training-careers/working-anaesthesia/simulation/simulation-scenarios/critical-incident-simulation>
33. Gómez L, Tena-Blanco B, Ramos R, Coca-Martínez M, Forero-Cortés C, Gomar C. Nueva plantilla para diseñar escenarios de simulación: interrelación de elementos en un vistazo. *Educ Med.* 2018;19(6):350-9.
34. Rudolph JW, Raemer DB, Simon R. Establishing a safe container for learning in simulation: the role of the presimulation briefing. *Simul Healthc.* 2014;9(6):339-49.
35. Henrico K, Makkink AW. Use of global rating scales and checklists in clinical simulation-based assessments: a protocol for a scoping review. *BMJ Open.* 2023;13(5):e065981.
36. Eppich W, Cheng A. Promoting Excellence and Reflective Learning in Simulation (PEARLS): development and rationale for a blended approach to health care simulation debriefing. *Simul Healthc.* 2015;10(2):106-15.
37. Sawyer T, Eppich W, Brett-Flegler M, Grant V, Cheng A. More than one way to debrief: a critical review of healthcare simulation debriefing methods. *Simul Healthc.* 2016;11(3):209-17.

Intervencionismo pleural

Edgar Felipe Castro Arellano, Cinthia Susana Alvarez Maldonado,
Fabiana Georgina Muñoz Bastidas y Esmeralda Gordillo Valdés

INTRODUCCIÓN

La simulación clínica se ha consolidado como una herramienta educativa en la medicina contemporánea durante los últimos años. La simulación ha permitido el desarrollo y la perfección de habilidades clínicas mediante la experiencia práctica de procedimientos sin poner en riesgo a los pacientes. Este tipo de entrenamiento promueve la repetición controlada de habilidades psicomotoras, fomenta la retroalimentación inmediata por parte de instructores expertos y ha demostrado una gran efectividad en disminuir los errores asociados a la inexperiencia del estudiante.

Las enfermedades de la pleura son frecuentes en la práctica clínica y derivan de diferentes etiologías, por lo que requieren procedimientos invasivos para identificar el diagnóstico. Ante la aparición de disnea, el derrame pleural y el neumotórax sobresalen como causas frecuentes e importantes que requieren un abordaje oportuno¹.

El derrame pleural requiere de una toracocentesis diagnóstica para su clasificación. En los casos de infección pleural complicada o neumotórax, es primordial colocar un drenaje torácico². Por otro lado, cuando la sospecha oriente hacia malignidad, se recomienda realizar una biopsia pleural¹.

En derrame pleural maligno, la disnea en ocasiones limita la calidad de vida de los pacientes; este síntoma puede paliarse mediante una toracocentesis evacuadora o, en casos de recurrencia, con la colocación de un catéter pleural tunelizado con la opción de pleurodesis química¹.

Los procedimientos requieren realizarse con una técnica adecuada para minimizar sus potenciales riesgos³. Entre las complicaciones más comunes se encuentran: sangrado, neumotórax, hemotórax, lesión de órganos adyacentes, infección del sitio de punción, reflejo vasovagal e incluso, en casos excepcionales, la muerte^{1,4-7}.

Teniendo en cuenta la complejidad y riesgo de dichos procedimientos, es fundamental consolidar una estrategia de aprendizaje que permita a los estudiantes dominar las destrezas necesarias en un entorno supervisado y seguro. Así pues, la simulación clínica ofrece un espacio de entrenamiento adecuado para repetir y perfeccionar las habilidades procedimentales antes de enfrentar un paciente real.

ANTECEDENTES DE SIMULACIÓN EN MEDICINA RESPIRATORIA Y PLEURAL

Previo al uso de la simulación clínica, el aprendizaje de procedimientos pleurales consistía principalmente en la práctica con los pacientes. A finales del siglo XIX, en la

Universidad Johns Hopkins se introdujo el modelo de enseñanza Osler/Halsted (*See one, do one, teach one*) con el objetivo de observar un procedimiento para posteriormente realizarlo y finalmente enseñarlo a otros⁸.

Aunque se consideró un método innovador para su época, su principal limitación se basaba en la potencial falta de exposición; es decir, el estudiante dependía de la frecuencia con la que se presentara la oportunidad clínica para poder alcanzar la curva de aprendizaje. En casos o procedimientos médicos poco comunes, los estudiantes no adquirirían la experiencia suficiente. Aunado a esto, el paciente se enfrentaba a un mayor riesgo de complicaciones por el carácter formativo del estudiante⁸.

El importante crecimiento y desarrollo de la simulación en la medicina respiratoria durante la última década ha inducido un cambio en el paradigma de la formación de especialistas en dicha área⁸.

Inicialmente, los modelos empleados eran de bajo costo, hasta que en el año 2001 se adoptaron *software* de simulación a la par de los modelos físicos. El programa computarizado de simulación en broncoscopia representó un hito en el campo al facilitar la interacción de los estudiantes con escenarios virtuales y promover el desarrollo de habilidades motrices⁹. Eventualmente, este programa evolucionaría a los actuales simuladores de realidad virtual.

Posteriormente, se introdujeron maniqués de baja fidelidad compuestos de materiales sintéticos que simulaban la piel, pared torácica, cavidad pleural, costillas y líquido de derrame pleural. Con el uso de estos dispositivos se recrean escenarios de la vida real que son ideales para la práctica de toracocentesis, e inserción de catéteres y sondas. Aunque estos materiales se catalogaron dentro de los dispositivos más rudimentarios, representaron un hito importante en demostrar los beneficios de la educación basada en simulación¹⁰.

En años más recientes se han adoptado simuladores de mediana y alta fidelidad que utilizan realidad virtual. Estas plataformas amplían el panorama para el estudiante de manera significativa, ya que profundizan en la complejidad de los casos, la interacción con el paciente y la toma de decisiones clínicas ante complicaciones o escenarios de estrés¹¹.

En el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, frente a una elevada prevalencia de enfermedades de la pleura surge la necesidad de incorporar un módulo de intervencionismo pleural en el centro de simulación recientemente instaurado.

Con este proyecto se busca que los residentes de la especialidad de neumología y medicina crítica adquieran las capacidades técnicas y la confianza necesaria en un ambiente supervisado por expertos antes de enfrentarse a pacientes reales. Esta iniciativa atiende las necesidades pedagógicas y formativas de nuestro país, para consolidar una plataforma estructurada de entrenamiento sin precedentes.

Por consiguiente, el objetivo de la simulación en intervencionismo pleural consiste en el desarrollo de habilidades prácticas, aumentar la curva de aprendizaje y garantizar el escenario clínico más seguro para los pacientes atendidos en el INER.

TEORÍAS DEL APRENDIZAJE POR SIMULACIÓN EN MEDICINA PLEURAL (FIG. 1)

Durante mucho tiempo, la educación médica se sostuvo en el modelo osleriano de enseñanza, aprendizaje que surgió en el siglo XIX¹². Este marco de referencia educativo tenía su fundamento en «ver, hacer y enseñar»¹³. A pesar de ser funcional, este método implicó que el aprendiz cometiera errores en pacientes reales al aplicar y perfeccionar su técnica, después de haber observado el procedimiento ejecutado por su profesor¹².

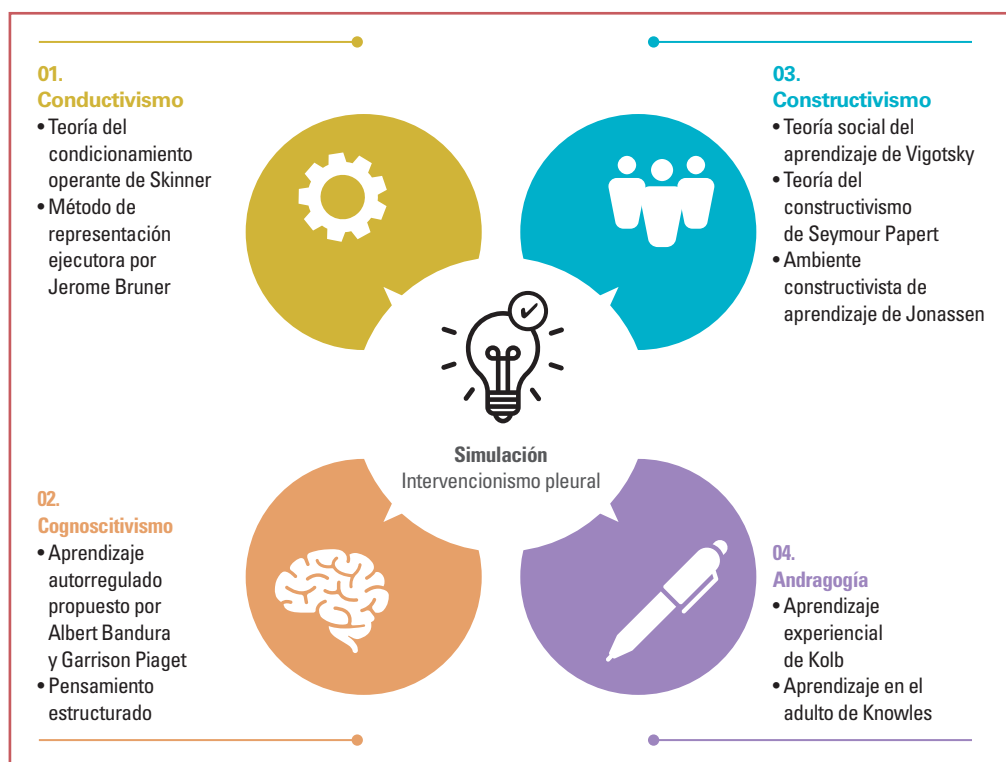


Figura 1. Teorías del aprendizaje contextualizadas a la simulación.

Afortunadamente para el área médica, el mundo ha cambiado. La introducción de las tecnologías de la información está transformando los paradigmas en el campo educativo, y por supuesto en la educación médica. Esto ha conducido a implementar la simulación como entorno de aprendizaje¹². Por lo tanto, ya no se justifica que los pacientes sostengan el peso de la capacitación en relación con los procedimientos⁹.

El aprendizaje a través de la simulación es el punto convergente de diversas teorías educativas desarrolladas hasta el momento^{9,13}.

La simulación en medicina pleural busca satisfacer las necesidades de conocimiento experiencial y habilidades procedimentales de los neumólogos en formación para aplicarlo en su desempeño profesional. Esta premisa tiene su fundamento en las teorías educativas de andragogía propuesta por Knowles y del aprendizaje experiencial de Kolb¹⁴⁻¹⁶.

El programa de simulación en medicina pleural tiene como objetivo que los médicos en formación adquieran habilidades procedimentales que les permitan resolver problemas reales. Esta oportunidad, de acuerdo con Knowles, constituirá una motivación intrínseca para el médico residente, puesto que la simulación en medicina pleural promueve el desarrollo de habilidades para su éxito profesional¹⁷.

La simulación en medicina pleural debe implementarse de tal forma que el alumno, en primera instancia, tenga acceso a material audiovisual y bibliográfico. De acuerdo con el modelo de Garrison y la teoría del aprendizaje autorregulado de Albert Bandura, los alumnos deberán gestionar sus recursos internos y externos para la lectura y revisión del

material antes de la simulación. Es en este punto de preparación donde toma sentido la teoría cognoscitivista del aprendizaje¹⁸.

En el *prebriefing* de la simulación en medicina pleural es importante revisar que los alumnos hayan cambiado sus constructos mentales a través de un aprendizaje memorístico y analítico sobre cada paso en la técnica de un procedimiento. Esta fase en el espacio de simulación requiere de un pensamiento estructurado por parte del aprendiz, como explicaría Piaget¹⁹.

Independientemente de la destreza técnica que se debe simular, es imperativo atravesar la fase de los procesos cognitivos que permitan al alumno entender y recordar cada uno de los pasos simples para lograr completar un proceso complejo²⁰.

Una vez que se procede al contacto directo con el simulador, el médico residente aprende por el método de representación ejecutora explicado por Jerome Bruner; este autor propuso que se aprende al manipular objetos, y el remodelado o perfeccionamiento de la técnica se logra con la repetición²¹.

Durante la manipulación guiada del material de simulación, la conducta del aprendiz se modifica. Permitir que el alumno se conduzca con libertad para dirigir los pasos en el proceso de cualquier procedimiento pleural brinda la oportunidad de que el aprendiz demuestre sus errores y aciertos.

Posteriormente, el instructor proporcionará reforzamientos positivos para potenciar la técnica correcta o retroalimentación constructiva para inhibir la conducta errada. Esta fase de modelamiento de la conducta se explica por la teoría del condicionamiento operante de Skinner, uno de los principales representantes del conductismo¹⁰. Las habilidades técnicas requieren «memoria muscular»¹³, por lo que es necesario la repetición de una conducta guiada correctamente para el desarrollo de una competencia procedimental²².

Es importante reconocer que, durante todo el proceso de simulación en procedimientos pleurales, el aprendizaje es explicado por los postulados de la teoría constructivista. La interacción entre el aprendiz y sus instructores, así como con los pacientes virtuales, requiere de habilidades interpersonales como la comunicación efectiva, la empatía, el respeto y la tolerancia. Vygotsky explica que los alumnos necesitan de interacción social para desarrollar su potencial; la orientación de personal con más experiencia contribuye a que el aprendiz pase de un nivel principiante a uno experto en su proceso de formación procedimental en las intervenciones pleurales²³.

El *debriefing* o retroalimentación que se proporciona a los alumnos genera un espacio de confianza para analizar en grupo las opciones de mejora y reconocer los avances significativos en el perfeccionamiento de las técnicas de intervencionismo pleural. Este fenómeno de aprendizaje lo describe Seymour Papert en su teoría del construccionismo¹⁹.

Finalmente, la simulación en medicina pleural es equiparable a un ambiente de aprendizaje constructivista como lo describió Jonassen: «Debe sostener múltiples interpretaciones de realidad, construcción de conocimiento y actividades basadas en experiencias ricas en contexto»²⁴.

TRASCENDENCIA DE LA SIMULACIÓN EN INTERVENCIONISMO PLEURAL

Históricamente, muchos de los procedimientos de intervencionismo pleural estaban reservados para los colegas de cirugía de tórax y radiología intervencionista. No obstante, con los avances tecnológicos la disponibilidad de intervenciones se ha ampliado hacia los neumólogos²⁵.

Por ello, en distintos países se han establecido unidades especializadas en la atención de enfermedades pleurales y se ha reconocido la importancia de la medicina pleural como una subespecialidad de la neumología²⁶.

Se ha evidenciado que el desarrollo de centros enfocados en enfermedades pleurales disminuye los costos en la atención²⁷ y reduce los tiempos de espera para el diagnóstico y tratamiento con calidad equiparable a los procesos de otras especialidades, en rendimiento y seguridad²⁵.

Ante estos cambios, los especialistas en neumología necesitan ser competentes en su práctica clínica para realizar intervenciones pleurales básicas, como toracocentesis diagnósticas y terapéuticas, instalación de catéteres intrapleurales multipropósito, colocación de drenajes torácicos y ecografía pleural. Por otro lado, se requieren habilidades distintas para un grupo de neumólogos que en su práctica clínica aspiren a realizar procedimientos avanzados. Estos incluyen la colocación de catéteres pleurales tunelizados, pleurodesis química, manometría pleural, biopsia pleural transtorácica, fibrinólisis y pleuroscopia médica²⁵.

El acceso a espacios de simulación en intervencionismo pleural permite que los alumnos se entrenen en las competencias procedimentales que demanda su profesión y traslada habilidades de alto impacto a un entorno controlado; proporciona una guía estructurada validada por personal con experiencia, con lo que se reduce la variabilidad técnica, y permite que los aprendices adquieran mayor confianza y seguridad para realizar los procedimientos con una menor tasa de complicaciones en pacientes reales^{28,39}.

La simulación en intervencionismo pleural ofrece un espacio de entrenamiento estandarizado que evita exponer a los pacientes a riesgos innecesarios¹⁰.

DESARROLLO DE UN CURSO DE SIMULACIÓN EN MEDICINA PLEURAL

En los siguientes apartados se explica cómo se planeó, implementó y evaluó un curso institucional basado en competencias, con progresión deliberada y estándares claros de desempeño.

Planeación

El punto de partida fue precisar las competencias objetivo y el grado de dominio esperado, para lo cual se estableció la siguiente estructura curricular por módulos temáticos:

- Módulo 1. Abordaje del derrame pleural: toracocentesis diagnóstica.
- Módulo 2. Procedimientos básicos en derrame pleural maligno: toracocentesis evacuadora con uso de catéter pleural multipropósito, manometría pleural y biopsia pleural cerrada.
- Módulo 3. Procedimientos básicos en infección pleural complicada: sonda endopleural.
- Módulo 4. Procedimientos avanzados en derrame pleural maligno: pleurodesis con talco y catéter pleural tunelizado.
- Módulo 5. Procedimientos avanzados en infección pleural complicada: fibrinólisis intrapleural.
- Módulo 6. Procedimientos en neumotórax: drenaje con válvula de Heimlich, aspiración manual y descompresión del neumotórax a tensión.

La población objetivo fueron residentes de neumología, pero podría hacerse extensivo a otras áreas afines que participen en abordaje y tratamiento de enfermedades pleurales. Se decidió priorizar a los residentes de nuevo ingreso con el módulo 1 y a los residentes de segundo año con el módulo 2, por considerar que son procedimientos básicos de acuerdo con su año académico y con su práctica habitual en diversas áreas del hospital.

Antes del primer contacto con el simulador, el curso exige dos prerequisites: la revisión de un vídeo técnico educativo realizado por el equipo de instructores, con preguntas interactivas integradas para asegurar la visualización efectiva, y la lectura de bibliografía básica. Ambos requisitos deben ser completados en un lapso de siete días previos a la práctica.

El día de la capacitación se aplica un examen presimulación de 10 reactivos aleatorizados (obtenidos de un banco de preguntas realizado previamente por el grupo de instructores), con un requerimiento mínimo de ocho aciertos para poder acceder a la práctica. Al finalizar la misma, se realiza otro examen teórico con preguntas aleatorizadas. Este filtro asegura una base teórica homogénea en los alumnos y aprovecha mejor el tiempo con el simulador.

Operativamente, se cuenta con cinco instructores –cuatro neumólogos y un médico general–, asignando dos de ellos de forma rotativa para otorgar el curso un día por semana. El entrenamiento está dirigido a cuatro alumnos por día, distribuidos en dos parejas, que acuden al centro en diferente horario, con lo que se asegura una proporción 1:1 (instructor:alumno) para retroalimentación fina y garantizar la calidad de la simulación.

Esto permite avanzar a un ritmo máximo de cuatro alumnos por semana, debido a varias limitaciones: a) los instructores no pertenecen exclusivamente al centro de simulación, tienen adscripción a otras áreas del hospital y su participación en el programa de simulación es voluntaria, por lo que depende de su disponibilidad; b) el número de instructores que deciden integrarse al programa de simulación es limitado, y c) sólo se cuenta con tres maniqués en el centro de simulación.

Implementación

Sesión estándar (por pareja de alumnos, 115 min):

- *Prebrief* (30 min): asistencia, reglas de seguridad, información sobre el curso, aplicación de examen presimulación.
- Demostración guiada (30 min): el alumno y el instructor ejecutan la práctica de forma conjunta, formando habilidades y reforzando pasos críticos durante el procedimiento.
- Práctica autónoma (25 min): el alumno realiza el procedimiento de inicio a fin sin ayuda, con observación estructurada mediante la lista de verificación.
- *Debrief* (30 min): aplicación de examen postsimulación, conversación breve y estructurada con el alumno, incluyendo reacciones, análisis de lo realizado, detección y retroalimentación de errores, consejería para una práctica eficaz en escenarios reales. Se realiza también una encuesta de satisfacción.

Flujo técnico básico: integrar ultrasonido para rastreo y marcaje del sitio, solicitud de material completo, técnica estéril, asepsia y antisepsia, uso de campos estériles, anestesia, punción o incisión dependiendo del procedimiento a realizar, técnica propia del procedimiento, cuidado y etiquetado correcto de muestras, evaluación de complicaciones y término.

Una limitación técnica es el número reducido de consumibles y superficies puncionables del maniquí, ya que posterior a varios procedimientos las piezas se dañan progresivamente, disminuyendo la calidad de la simulación.

Evaluación (Fig. 2)

La evaluación se alinea con los objetivos y cubre conocimiento, desempeño práctico y funcionamiento del curso:

- Conocimiento teórico: se evalúa mediante los exámenes escritos presimulación y postsimulación, así como con preguntas dirigidas durante la práctica que el alumno debe responder verbalmente ante un escenario hipotético.

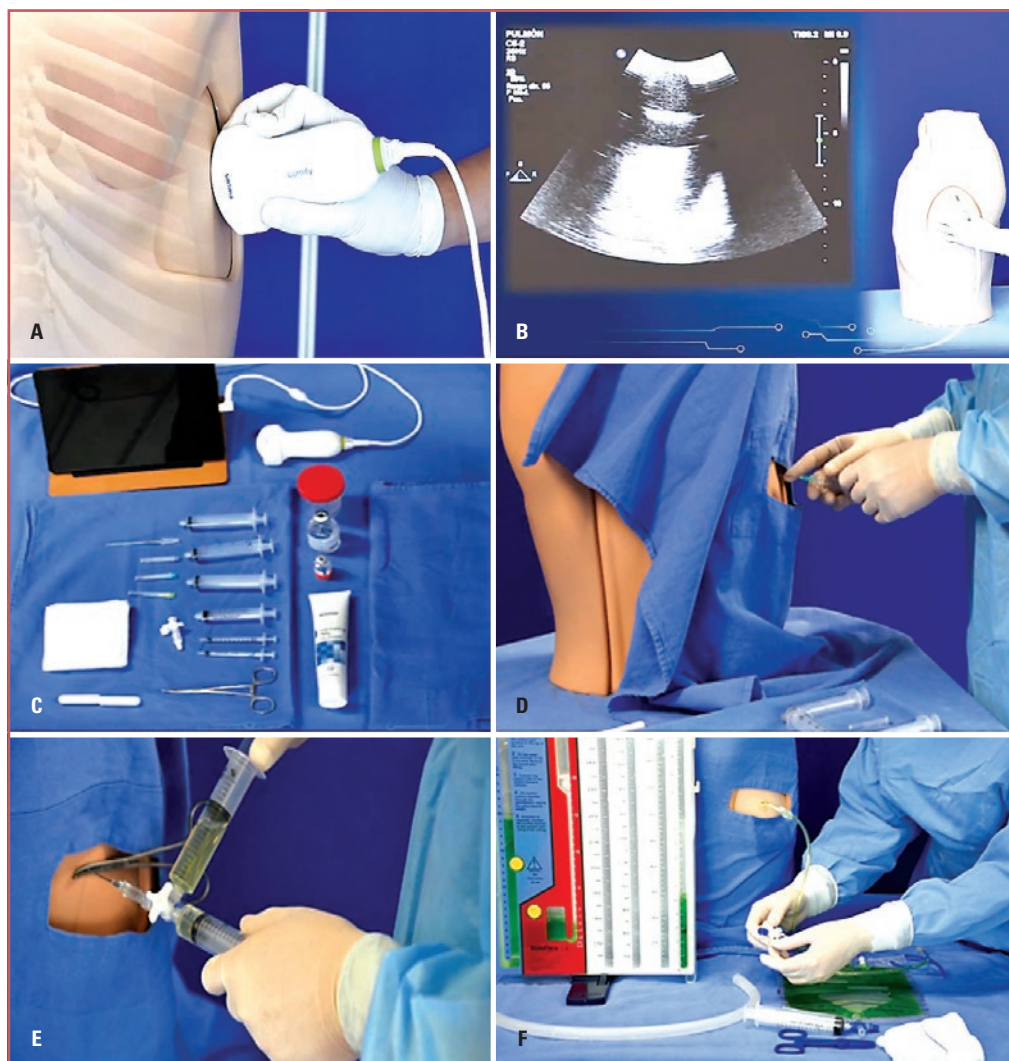


Figura 2. Imágenes del curso de simulación en intervencionismo pleural. **A:** maniquí ultrasonografiable. **B:** identificación de derrame pleural en el simulador. **C:** preparación del material para una toracocentesis diagnóstica. **D:** punción inicial, simulando la administración del anestésico local. **E:** obtención de solución con colorante que simula el líquido pleural. **F:** conexión de un catéter pleural, instalado en el maniquí de simulación, hacia un dispositivo de drenaje para extracción de solución con colorante que representa el líquido pleural (imágenes propiedad del Centro de Simulación del INER).

- Desempeño práctico: se usa una lista de verificación detallada con pasos observables y medibles a lo largo de todo el procedimiento:
 - Planeación: información para el paciente y firma del consentimiento (incluye beneficios, riesgos y alternativas).
 - Preparación del paciente: posición, ultrasonido y marcaje; asepsia y antisepsia.
 - Preparación del equipo: material completo y armado adecuado, colocación correcta de campos estériles.
 - Ejecución: anestesia por planos, punción sobre borde superior costal, aspiración y evitar entrada de aire a la cavidad pleural.
 - Muestras: obtención adecuada y aseguramiento de su correcto etiquetado.
 - Cierre: evaluación de hemostasia, sutura si lo requiere y cobertura del sitio; evaluación de las complicaciones.

La fase autónoma la realiza el alumno sin ayuda; si el alumno no acredita la práctica mediante la lista de verificación, se documenta y se programa posteriormente una segunda capacitación. Para darle más solidez a la calificación, también se recomienda identificar y definir errores críticos (ejemplos: puncionar por el borde costal inferior, romper la asepsia, conectar incorrectamente el sistema de drenaje, permitir la entrada de aire al espacio pleural, etc.).

- Acreditación y transferencia: la constancia institucional certifica la participación y competencia en simulación, pero no autoriza realizar procedimientos sin supervisión en pacientes reales.
- Evaluación del curso: al cierre se realizan encuestas de satisfacción de forma digital y se revisan en reuniones breves por parte de los instructores junto con el equipo del centro de simulación para obtener una retroalimentación y realizar ajustes si fuera necesario.

Progresivamente se han implementado algunas mejoras, como la aleatorización de exámenes y un solo intento del mismo, filtro estricto de acceso a la simulación, preguntas integradas en el vídeo, que mejoran la adherencia y la eficiencia. Para trasladar el entrenamiento a la práctica asistencial, se sugiere vincular el desempeño del curso con la evaluación de una técnica adecuada y tasas de complicaciones en pacientes reales.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN CURSO DE SIMULACIÓN EN MEDICINA PLEURAL

El juramento hipocrático establece uno de los principios fundamentales en la práctica médica: «Primero, no hacer daño»³⁰. Este precepto subraya la importancia de minimizar los riesgos y errores en la atención clínica, incluyendo los procedimientos pleurales³⁰.

La simulación en medicina pleural permite abordar de manera ética y efectiva aspectos críticos del ejercicio clínico, tales como el manejo de errores, la calidad del entrenamiento, la seguridad del paciente. Sin embargo, su implementación ha sido relativamente lenta debido a diversos obstáculos, entre ellos los costos elevados, la escasa evidencia de efectos concluyentes y la resistencia al cambio en el ámbito médico³⁰.

A continuación, se describen en mayor profundidad las ventajas y desventajas de este método de enseñanza y entrenamiento, con énfasis en aspectos clínicos, educativos y éticos.

Ventajas de la simulación en la medicina pleural

- Disminución de los errores médicos y aumento de la seguridad del paciente:
 - Uno de los objetivos primordiales de la formación mediante simulación es reducir la incidencia de complicaciones relacionadas con los procedimientos pleurales, particularmente la toracocentesis, uno de los procedimientos más frecuentes en neumología. La toracocentesis puede complicarse con neumotórax iatrogénico, hemotórax o edema pulmonar por reexpansión, con consecuencias clínicas que pueden ser graves. Por ejemplo, un neumotórax iatrogénico puede incrementar los días de estancia hospitalaria, 4.4 días en promedio, y sumar costos adicionales que alcanzan los 18,000 US\$³¹.
 - En estudios recientes, como el realizado por Barsuk, et al., se evidenció que residentes entrenados en simulación pleural mostraron una menor tasa de complicaciones clínicamente relevantes. Este trabajo incluyó 917 procedimientos en un hospital de tercer nivel en Chicago entre 2012 y 2016. Los resultados mostraron que, aunque la tasa total de neumotórax fue similar en todos los grupos (6.5%), los residentes con entrenamiento en simulación tuvieron menos complicaciones clínicas significativas, en particular requerimientos de drenaje pleural o traslado a cuidados intensivos. La diferencia fue estadísticamente significativa ($p = 0.06$). Además, la simulación ayudó a reducir el riesgo de hemotórax y edema pulmonar por reexpansión, evidenciando su impacto en la seguridad clínica y en la reducción de los costos hospitalarios asociados³¹.
- Representación realista de ambientes clínicos complejos: la simulación ofrece escenarios que permiten a los residentes y médicos en formación enfrentarse a situaciones complejas y atípicas sin poner en riesgo la vida de pacientes reales.
- Mejora en habilidades técnicas y sociales del procedimiento pleural: además de las destrezas técnicas, la simulación fomenta habilidades relacionadas con la comunicación, la toma de decisiones, el trabajo en equipo y la gestión del estrés en diversas situaciones clínicas. La interacción en escenarios simulados ayuda a desarrollar competencias sociales esenciales para la atención integral del paciente³¹.
- Reducción de la ansiedad y aumento de la confianza: para los estudiantes y residentes, la práctica repetida en un entorno seguro disminuye la ansiedad relacionada con los procedimientos invasivos y aumenta la confianza en sus habilidades³⁰.
- Aprendizaje autodirigido y retroalimentación constructiva: la simulación permite a los aprendices practicar a su propio ritmo, repetir procedimientos tantas veces como sea necesario y recibir retroalimentación inmediata y objetiva. Esto favorece la curva de aprendizaje y la consolidación de destrezas³⁰.
- Evaluación estandarizada y fiable: el uso de simuladores facilita la evaluación del desempeño sin depender de la disponibilidad de pacientes reales. Los docentes pueden aplicar métricas específicas para valorar las habilidades técnicas y los procedimientos, garantizando una mayor objetividad y consistencia en la valoración³⁰.
- Educación continua y recertificación: la simulación también desempeña un papel central en la educación médica continua, permitiendo que los profesionales se actualicen en nuevas técnicas o reevalúen sus habilidades en procedimientos críticos, contribuyendo a mantener altos estándares de calidad³⁰.

Desventajas de la simulación en la medicina pleural

- Costos elevados: los simuladores pleurales simples comercialmente disponibles tienen un costo entre 2,500 y 4,000 US\$, y los compatibles con ultrasonido (US) de hasta 6,000 US\$, sin incluir gastos de mantenimiento o reemplazo de partes.
- Dificultad en modelar la fisiopatología humana: la fisiopatología pleural es compleja, y aún hay poca evidencia que respalde su efectividad en todos los aspectos del entrenamiento.
- Resistencia cultural y estructural: la adopción de la simulación todavía enfrenta obstáculos en algunos ámbitos médicos.
- Disponibilidad limitada: no todos los hospitales con residentes de medicina cuentan con estos recursos, que pueden llegar a ser costosos.
- No sustituye la experiencia clínica real: la simulación complementa, pero no reemplaza, la interacción médico-paciente.

FUTURAS PERSPECTIVAS EN SIMULACIÓN DE MEDICINA PLEURAL

Con la evolución tecnológica, la simulación en medicina pleural tiene múltiples oportunidades para mejorar su utilidad y accesibilidad.

Impresión tridimensional (3D)

Universidades como la de California en San Francisco y *Makers Lab* han desarrollado modelos anatómicos torácicos mediante impresión 3D con bajo costo (aproximadamente 134 dólares americanos). Estos modelos, con anatomía variable y compatibilidad con ultrasonido, ofrecen alta fidelidad, repetibilidad y durabilidad, facilitando su uso en diferentes contextos clínicos y educativos³².

79

Inteligencia artificial

La inteligencia artificial (IA) que simula capacidades cognitivas humanas puede potenciar el aprendizaje mediante escenarios interactivos. Facilita el aprendizaje de estudiantes de medicina mediante instrucción directa, soporte en la enseñanza y realizando programas educativos personalizados. En la simulación, la IA puede crear escenarios clínicos, como en el programa *Body Interact*, los cuales ofrecen escenarios inmersivos e interactivos para que los estudiantes practiquen y afinen sus habilidades.

Otros sistemas electrónicos de aprendizaje como *Firecracker*, *Smart Sparrow* o *Coursera* ajustan su contenido y ritmo de acuerdo al rendimiento de cada estudiante, evitando su frustración y/o agobio. También existen plataformas de evaluación de los estudiantes, como *ExamSoft* o *Gradescope*, que son más precisas, eficientes e imparciales³³.

CONCLUSIONES

La simulación en intervencionismo pleural traslada la curva de aprendizaje fuera de la cama del paciente y la convierte en una práctica segura, medible y replicable.

Históricamente, en la educación médica predominó el modelo osleriano de «ver, hacer, enseñar», que funcionó en un contexto con escasas alternativas de aprendizaje.

Actualmente es posible el entrenamiento procedimental en entornos controlados, con objetivos definidos, revisión previa del tema y práctica guiada, que posteriormente se convierte en autónoma. Al final se incorpora un *debrief* breve y honesto que cierra la brecha entre la ejecución realizada y la esperada. Este enfoque –basado en aprendizaje experiencial y práctica deliberada– reduce la variabilidad técnica, mejora la toma de decisiones y fortalece el trabajo en equipo.

Por principio, no sustituye la experiencia clínica supervisada; la prepara. Aun así, las ventajas superan a las limitaciones cuando se priorizan módulos esenciales, se usan materiales realistas y se da seguimiento sencillo a resultados con listas de verificación consistentes dentro y fuera del simulador.

El futuro es prometedor si se escala progresivamente con juicio, integrando ultrasonido portátil y modelos impresos en 3D, además de incorporar escenarios mejor contextualizados y vincular lo aprendido con desenlaces clínicos reales.

La meta no es «simular por simular», sino hacer la clínica más segura y consistente, y que eso se note en el paciente.

BIBLIOGRAFÍA

1. Roberts ME, Rahman NM, Maskell NA, et al. British Thoracic Society Guideline for pleural disease. *Thorax*. 2023;78(Suppl 3):s1-42.
2. Rosenstengel A. Pleural infection-current diagnosis and management. *J Thorac Dis*. 2012;4(2):186-93.
3. Asciak R, Bedawi EO, Bhatnagar R, et al. British Thoracic Society Clinical Statement on pleural procedures. *Thorax*. 2023;78:s43-68.
4. Mercaldi CJ, Lanes SF. Ultrasound guidance decreases complications and improves the cost of care among patients undergoing thoracentesis and paracentesis. *Chest*. 2013;143(2):532-8.
5. Hooper C, Lee YCG, Maskell N. Investigation of a unilateral pleural effusion in adults: British Thoracic Society pleural disease guideline 2010. *Thorax*. 2010;65(Suppl 2):ii4-17.
6. Gordon CE. Pneumothorax following thoracentesis. *Arch Intern Med*. 2010;170(4):332.
7. Grogan DR. Complications associated with thoracentesis. A prospective, randomized study comparing three different methods. *Arch Intern Med*. 1990;150(4):873-7.
8. Parikh M, Lee H, Desai N. Interventional Pulmonology: the role of simulation training and Competency-Based Evaluation. *Semin Respir Crit Care Med*. 2018;39(06):747-54.
9. Colt HG, Williamson JP. Training in interventional pulmonology: What we have learned and a way forward. *Respirology*. 2020;25(9):997-1007.
10. McSparron JI, Michaud GC, Gordan PL, et al. Simulation for skills-based education in Pulmonary and Critical Care Medicine. *Ann Am Thorac Soc*. 2015;12(4):579-86.
11. Hoang TN, LaPorta AJ, Malone JD, et al. Hyper-realistic and immersive surgical simulation training environment will improve team performance. *Trauma Surg Acute Care Open*. 2020;5(1):e000393.
12. Tejada MAP, Herrera CIT. Perspectiva Andragógica de la Simulación Clínica. *Ciencia Unemi*. 2015;7(12):37-46.
13. McInerney P, Green-Thompson LP. Theories of learning and teaching methods used in postgraduate education in the health sciences: a scoping review. *JBIM Evid Synth*. 2019;18(1):1-29.
14. Kolb DA, Boyatzis RE, Mainemelis C. *Experiential Learning Theory: previous research and new directions*. New York: Routledge eBooks; 2014. p. 227-48.
15. Merriam SB. Andragogy and Self-Directed Learning: Pillars of Adult Learning Theory. *NDACE* 2001; 2001(89):3-14.
16. Jorwekar GJ. Reflective practice as a method of learning in medical education: history and review of literature. *Int J Res Med Sci*. 2017;5(4):1188.
17. Undurraga-Infante C. *Cómo aprenden los adultos: una mirada psicoeducativa*. Chile: Ediciones UC; 2007.
18. Garrison DR. Self-Directed Learning: toward a comprehensive model. *AEQ* 1997;48(1):18-33.
19. Escorza YH, Aradillas ALS. *Teorías del aprendizaje en el contexto educativo*. México: Ediciones Tecnológico de Monterrey; 2020. Disponible en: <https://catalogo.altexto.mx/teorias-del-aprendizaje-en-el-contexto-educativo-7w1ex.html>
20. McSparron JI, Vanka A, Smith CC. Cognitive learning theory for clinical teaching. *Clin Teach*. 2018;16(2):96-100.
21. Dong H, Lio J, Sherer R, Jiang I. Some learning theories for medical educators. *Med Sci Educ*. 2021;31(3):1157-72.

22. Yarmus L, Feller-Kopman D. Training in interventional pulmonology. *Semin Respir Crit Care Med*. 2014;35(06): 631-5.
23. Newman S, Latifi A. Vygotsky, education, and teacher education. *J Educ Teach*. 2020;47(1):4-17.
24. Hernández-Requena SR. The constructivist model and the new technologies: applied to the learning process. *RUSC Universities and Knowledge Society Journal*. 2008;5(2):26-35. Disponible en: <https://Dialnet-ElModeloConstructivistaConLasNuevasTecnologias-2799725.pdf>
25. Bhatnagar R, Corcoran JP, Maldonado F, et al. Advanced medical interventions in pleural disease. *Eur Respir Rev*. 2016;25(140):199-213.
26. Hooper CE, Lee YCG, Maskell NA. Setting up a specialist pleural disease service. *Respirology*. 2010;15(7): 1028-36.
27. Young RL, Bhatnagar R, Medford AR, Maskell NA. Evaluation of an ambulatory pleural service: costs and benefits. *Br J Hosp Med*. 2015;76(10):608.
28. Heraganahally S, Mehra S, Veitch D, Sajkov D, Falhammar H, Morton S. New cost-effective pleural procedure training: manikin-based model to increase the confidence and competency in trainee medical officers. *Postgrad Med J*. 2019;95(1123):245-50.
29. Wrightson JM, Fysh E, Maskell NA, Lee YC. Risk reduction in pleural procedures: sonography, simulation and supervision. *Curr Opin Pulm Med*. 2010;16(4):340-50.
30. Ziv A, Wolpe PR, Small SD, et al. (2003) 'Simulation-based medical education'. *Acad Med*. 2003;78(8):783-8.
31. Barsuk JH, Cohen ER, Williams MV, et al. Simulation-Based mastery learning for thoracentesis skills Improves patient outcomes: a randomized trial. *Acad Med*. 2017;93(5):729-35.
32. Krumm IR, Drapeau S, Kim B, Gesthalter YB, Santhosh L. Explor-A-Thora: A novel Three-Dimensionally Printed Pleural Simulator. *ATS Scholar*. 2024;5(3):451-9.
33. Karthika M, Sreedharan JK, Shevade M, Mathew CS, Ray S. Artificial intelligence in respiratory care. *Front Digit Health*. 2024;6:1502434.

Simulación en accesos vasculares

Ismael Maldonado Beltrán, Marcos García Nava,
Luis Adrián González Mercado y Malquiel Betzay Aguazul Ramírez

INTRODUCCIÓN

La medicina crítica es una especialidad médica dedicada al diagnóstico y tratamiento de condiciones que amenazan la vida y requieren atención inmediata y continua. Los profesionales en este campo y el personal que está en entrenamiento tratan una amplia gama de emergencias médicas, desde fallos multiorgánicos hasta complicaciones postoperatorias severas¹.

El acceso venoso central es una herramienta fundamental en los pacientes críticos, ya que permite a los médicos administrar tratamientos importantes. Este acceso se utiliza para la infusión de medicamentos vasoactivos, nutrición parenteral y monitoreo hemodinámico central, entre otras funciones².

En este capítulo se aborda un enfoque innovador que combina el uso del ultrasonido con la práctica clínica para optimizar la colocación de accesos venosos centrales. Al proporcionar al personal de áreas críticas la capacidad de visualizar la anatomía venosa en tiempo real, se permite una colocación más precisa de los catéteres, minimizando el riesgo de complicaciones³.

La incorporación de la ecografía en el proceso de inserción de catéteres, así como el aprendizaje basado en simulación, han mejorado significativamente la precisión y seguridad del procedimiento, reduciendo el riesgo de complicaciones. Por ello, los conocimientos y habilidades en el abordaje ecoguiado son esenciales para los residentes de neumología y medicina crítica, quienes frecuentemente necesitarán realizar estos procedimientos bajo condiciones de alta presión y con rapidez^{4,5}.

La simulación en medicina permite el adecuado entrenamiento del personal médico en la colocación de accesos venosos centrales, antes de enfrentarse al verdadero reto del paciente crítico, mejora las habilidades y destrezas, y tiene un beneficio importante en el pronóstico del paciente.

Línea del tiempo

La inserción de catéteres venosos centrales (CVC) ha experimentado una notable evolución a lo largo del tiempo con la incorporación de la ecografía:

- Antes de la ecografía: en sus inicios, la inserción de CVC se realizaba «a ciegas», según la anatomía descrita.
- Introducción de la ecografía: a partir de la década de 1990 se comenzó a utilizar la ecografía para guiar la inserción de CVC. Esta técnica permitió a los médicos observar la anatomía vascular en tiempo real, lo que aumentó la tasa de éxito y disminuyó las complicaciones relacionadas con el procedimiento^{6,7}.

Tabla 1. Indicaciones en la gestión integral de pacientes en unidades de cuidados intensivos	
Indicaciones	Descripción
Administración de medicamentos	Infusión de fármacos vasoactivos, agentes quimioterapéuticos y antibióticos
Monitoreo hemodinámico	Medición de presión venosa central (PVC) y administración de catéteres de flotación (Swan-Ganz)
Soporte nutricional total	Nutrición parenteral en pacientes incapaces de recibir alimentación enteral
Diálisis de emergencia	Hemodiálisis en casos de lesión renal aguda o intoxicación por metanol o polietilenglicol
Toma de muestras sanguíneas frecuentes	Extracción de muestras
Accesos venosos de difícil acceso	Provisión de vía segura en pacientes con venas periféricas difíciles

- Práctica clínica actual: la inserción de CVC guiada por ecografía se considera el estándar de atención clínica, respaldada por recomendaciones claras que buscan mejorar la seguridad y eficacia del procedimiento.
- Acontecimientos relevantes a lo largo de la historia:
- 1900: aparece en la literatura científica el uso de catéteres venosos.
 - 1953: Sven Ivar Seldinger describe la técnica con guía metálica flexible.
 - 1957: Ross introduce los principios básicos de la terapia intravenosa.
 - 1961: Opderbecke utiliza la vena mediana y basílica para catéteres centrales.
 - 1970: Swan y Ganz describen el catéter de termodilución para monitoreo.
 - 1982: John Niedenhunber coloca un catéter central para el manejo de soluciones⁸.

INDICACIONES PARA ACCESO VASCULAR CENTRAL EN ÁREAS CRÍTICAS

Véase la tabla 1.

Valoración del paciente

- La valoración del paciente antes de la colocación de accesos venosos centrales es fundamental para garantizar la seguridad y el éxito del procedimiento. Consta de:
- Evaluación clínica general:
 - Estado hemodinámico: presencia de estado de choque.
 - Estado de conciencia.
 - Capacidad de mantener la posición adecuada durante el procedimiento.
 - Evaluación vascular:
 - Identificación de venas accesibles.
 - Revisión de antecedentes de tratamiento previos, como quimioterapia, radioterapia o cirugía vascular.

- Estado vascular en áreas potenciales de inserción.
- Evaluación de posibles complicaciones:
 - Coagulopatías, anticoagulación.
 - Infecciones o fiebre.
 - Presencia de traumatismo en la zona de colocación o infecciones locales^{9,10}.

Valoración del sitio de inserción

El primer sitio de inserción recomendado es el acceso infraclavicular, debido a menores complicaciones infecciosas y trombóticas; sin embargo, su uso es < 30%, ya que existe un riesgo mayor de neumotórax y es de difícil colocación, por lo que se optará por este abordaje siempre y cuando sea seguro, como se muestra en la figura 1.

Los otros sitios de inserción viables son el acceso venoso yugular y el femoral; la decisión dependerá de diversos factores clínicos.

A continuación, se presenta un resumen de los tipos de catéteres centrales más comunes:

- Catéter venoso central: estos catéteres se insertan en una vena de gran calibre con la punta (Tabla 2) ubicada en el tercio proximal de la vena cava superior o en la aurícula derecha. Se utilizan principalmente para la administración de medicamentos, líquidos y nutrientes, así como para el monitoreo hemodinámico.
- Catéteres tunelizados: estos dispositivos se insertan a través de la piel y se tunelizan bajo ésta antes de ingresar a la vena. Son especialmente útiles para tratamientos a

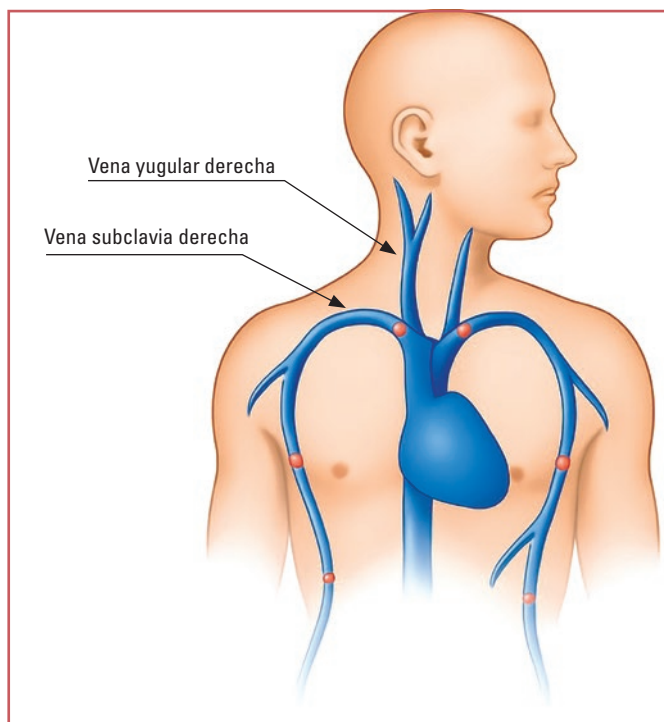
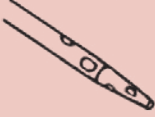


Figura 1. La evaluación del cuello en relación con la vena yugular derecha es fundamental para la adecuada visualización con el transductor lineal.

Tabla 2. Diseño de puntas de CAF disponibles en México: ventajas y desventajas ²¹			
	Tipo de punta	Ventajas	Desventajas
	Punta perforada	Fácil introducción	
	Multiperforado		
	Punta dividida	Menor recirculación	Difícil inserción
	Punta dividida multiperforada		Múltiples orificios: turbulencia
	Escalonada o escopeta	Menor recirculación	
	Simétrico o lado a lado	Menor recirculación. Permite inversión de los lúmenes	

largo plazo, como la quimioterapia o diálisis, debido a su menor riesgo de infección y mayor comodidad.

- Puertos implantados: son dispositivos que se implantan quirúrgicamente bajo la piel y permiten el acceso venoso sin la necesidad de múltiples punciones. Su uso es ideal en pacientes que requieren tratamientos prolongados, ya que reducen el riesgo de infecciones y son más cómodos para el paciente.
- Catéteres centrales de inserción periférica (PICC): estos catéteres se introducen en una vena del brazo y se avanzan hasta una vena central. Son ideales para tratamientos que requieren acceso venoso a largo plazo, generalmente de una a cuatro semanas¹¹.

Selección del tipo de dispositivo

No existe un dispositivo mejor que otro, por lo que la decisión deberá centrarse en el paciente, la evidencia actual y el entorno hospitalario, tomando en cuenta diferentes factores, como son:

- Duración del tratamiento:
 - Menos de 72 h: se pueden utilizar catéteres periféricos.
 - De una a cuatro semanas: se recomienda el uso de un PICC.
 - De tres semanas a cinco meses: se pueden considerar catéteres tunelizados o puertos implantados.
- Tipo de terapia: la naturaleza de los medicamentos o tratamientos a administrar influye en la elección del catéter. Por ejemplo, los tratamientos irritantes pueden requerir un catéter específico para prevenir complicaciones venosas¹².

DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

Accesos centrales

Pasos para la colocación de un CVC yugular derecho ecoguiado:

- Preparación y posicionamiento del paciente:
 - Colocar al paciente en decúbito dorsal con la cabeza ligeramente inclinada hacia la izquierda.
 - Colocar una toalla o sábana bajo los hombros para extender el cuello.
 - Administrar anestesia local en el sitio de inserción.
 - Mantener condiciones asépticas, con uso de guantes, campo estéril y protección de la zona.
- Preparación del equipo y ultrasonido:
 - Uso del transductor lineal.
 - Materiales: catéter, aguja, guía metálica, dilatador, jeringa y sistemas de conexión estériles.
- Localización de la vena yugular interna con ultrasonido:
 - Colocar el transductor en posición transversal sobre la región del cuello, anterolateral a la apófisis mastoides; visualización como se muestra en la figura 2.

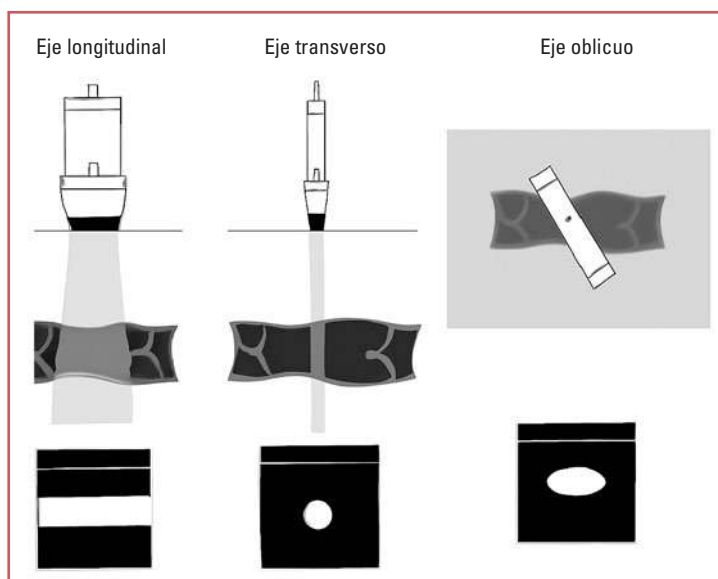


Figura 2. Ejes ultrasonográficos para la visualización del vaso a puncionar^{14,15}.

- Punción de la vena yugular interna:
 - Con la vista ultrasonográfica en tiempo real, introducir la aguja guiada por el operador en dirección a la vena yugular (VYU), en un ángulo de aproximadamente 30-45°.
 - Confirmar la entrada en la vena mediante la extracción de sangre.
- Inserción de la guía metálica:
 - Introducción de la guía metálica a través de la aguja, bajo visión ultrasonográfica.
 - Verificar que la guía avanza sin resistencia y en dirección correcta.
- Dilatación y colocación del catéter:
 - Retirar la aguja, dejando la guía en su lugar.
 - Dilatar suavemente el tracto y, a continuación, introducir el catéter sobre la guía.
 - Avanzar el catéter hasta la posición correcta, generalmente hasta que la marca en el catéter indique la profundidad adecuada o mediante radiografía si está disponible.
- Confirmación de la colocación:
 - Conectar una jeringa y aspirar sangre de los lúmenes del catéter para confirmar la posición venosa.
 - Realizar rastreo ultrasonográfico y/o tomar radiografía para verificar la correcta colocación del catéter en la unión de la vena cava superior con la aurícula derecha.
- Fijación y cuidado final:
 - Fijar el catéter con puntos o sistema de fijación adhesivo.
 - Cubrir con apósito estéril¹³.

CUIDADOS Y MANTENIMIENTO

El cuidado y el mantenimiento adecuados de los accesos vasculares son vitales para prevenir las complicaciones:

- Higiene y antisepsia: limpieza de la zona de inserción con solución alcohólica o yodo povidona y cambio de apósitos siguiendo protocolos.
- Fijación: asegurar que los catéteres permanezcan en la posición correcta y firmemente fijados.
- *Flushing*: lavados regulares con solución salina para mantener la permeabilidad.
- Control del sitio: inspección periódica para detectar signos de complicaciones, como eritema, dolor o edema¹⁶.

Manipulación del catéter

- Preparación del entorno: uso de guantes estériles y material adecuado para la infusión de líquidos.
- Conexiones: verificar y limpiar las conexiones antes de uso.
- Cambio de línea y accesorios: realizar cambios siguiendo las pautas institucionales para reducir riesgos.
- Retirada del catéter: realizar la retirada cuidadosamente, asegurando la técnica aséptica.

COMPLICACIONES

Las complicaciones pueden ser agudas o crónicas y pueden afectar la seguridad del paciente. Algunas de ellas son las siguientes:

- Infecciones.
- Flebitis.
- Infiltración o extravasación.
- Desplazamiento o migración del catéter.
- Trombosis.
- Hematomas o sangrado¹⁷.

ACCESOS EN NEFROLOGÍA

El acceso vascular corresponde al primer paso dentro de la prescripción de la terapia de soporte renal extracorpórea. Es por sí mismo un procedimiento que confiere riesgos y, además, constituye una de las principales causas de falla de la terapia de soporte renal, por lo que determina en gran parte el éxito que el tratamiento pudiese obtener en términos de metas alcanzadas y medidas de calidad durante el seguimiento de la terapia de soporte renal, incluyendo dosis alcanzada y vida del circuito extracorpóreo. Entre las opciones disponibles se encuentran los catéteres de alto flujo (CAF) y la fístula arteriovenosa (FAV). Mientras que los CAF ofrecen una solución inmediata y transitoria en todas las modalidades, la FAV sigue siendo considerada el acceso de elección en hemodiálisis (HD) por su mayor durabilidad y menores complicaciones a largo plazo¹⁸.

88

Acceso vascular para hemodiálisis ecoguiado

Tipos de catéteres

- Catéteres no tunelizados (temporales): indicados en situaciones agudas o urgencias dialíticas. Se colocan habitualmente en yugular interna o vena femoral y su uso se recomienda por un periodo $\leq 1-2$ semanas¹⁹.
- Catéteres tunelizados con manguito (*cuffed* o permanentes): diseñados para uso prolongado en pacientes sin acceso arteriovenoso maduro. Construidos en silicona o poliuretano/carbothane, con túnel subcutáneo y manguito de Dacron para reducir las infecciones²⁰.

Características técnicas (Tabla 3)

Sitios de colocación

- Yugular interna derecha: primera elección por trayecto directo a la vena cava superior (VCS) y menor tasa de complicaciones.
- Yugular interna izquierda: alternativa cuando el lado derecho no es factible.
- Femoral: opción en pacientes críticos o sin accesos yugulares disponibles; mayor riesgo de infección y trombosis.

Como se ha revisado a lo largo de este capítulo, la colocación de los CAF, al igual que la de los CVC, debe ser ecoguiada. Los protocolos de evaluación vascular preinserción

Tabla 3. Características del catéter de alto flujo para hemodiálisis	
Parámetro	Descripción
Lúmenes	Doble lumen estándar; triple lumen en UCI
Calibre (Fr)	11.5-14.5 Fr, buscando flujos ≥ 300 ml/min
Longitud yugular interna derecha	19-23 cm, punta en unión cavaauricular
Longitud yugular interna izquierda	23-28 cm por trayecto más largo
Longitud femoral	27-36 cm para punta en vena cava inferior
Material	Silicona (flexible) o poliuretano (resistente)
Punta	Step-tip, split-tip o simétrica, para reducir la recirculación

recomendados a la fecha a preferencia del autor son RaCeVa (*Rapid Central Vein Assesment*) y RaFeVa (*Rapid Femoral Vein Assesment*), que pueden ser revisados en los anexos de esta obra para mayor detalle^{22,23}.

Fístula arteriovenosa

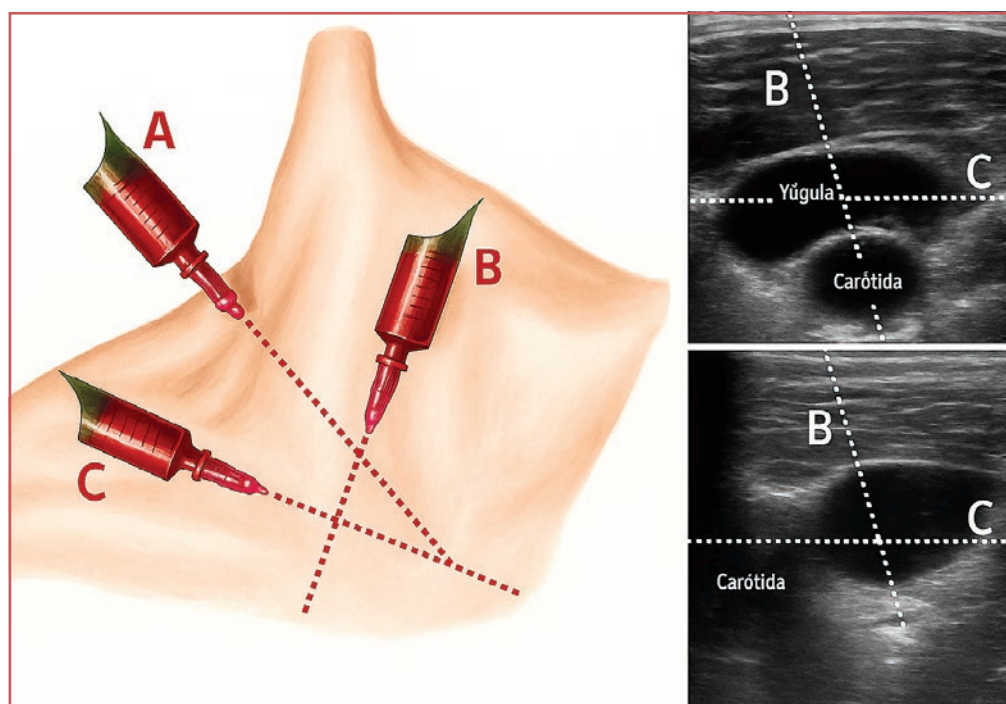
La FAV nativa es el estándar de oro para la HD. Fue descrita por Cimino y Brescia en 1966, y consiste en la anastomosis quirúrgica de una arteria y una vena superficial, generalmente en el miembro superior. Es importante mencionar que la FAV no se aconseja para realizar terapia de reemplazo renal continuo (TRRC) ni terapia de intercambio plasmático terapéutico (PLEX)²³.

Acceso yugular y femoral

En cuanto al comparativo entre acceso venoso yugular y femoral, el grupo internacional de la *Acute Dialysis Quality Initiative* sugiere que, para la elección del sitio de acceso venoso para terapia de soporte renal aguda, ambas –yugular derecha o femoral derecha– se consideran como primera opción²⁴.

Con respecto al acceso yugular, el lado y el abordaje anatómico han mostrado diferencias importantes: el catéter yugular por abordaje posterior se relaciona con un mayor porcentaje de complicaciones, incluyendo punción de carótida y neumotórax, así como un mayor número de interrupciones en el tratamiento por obstrucción de flujo; si bien cada uno de los abordajes puede representar una ventaja dependiendo de la situación anatómica entre la vena yugular interna y la arteria carótida (Figs. 3 A y B). Una tercera opción, el abordaje posterior bajo (Fig. 3 C), podría reducir las complicaciones²⁵.

Un aspecto adicional sobre la posición de la punta del catéter de HD es la potencial interacción con otros catéteres centrales empleados en la administración de soluciones, productos sanguíneos y fármacos. En la clínica, dicha aspiración puede traducirse en escenarios de mayor inestabilidad hemodinámica durante la conexión o al subir el flujo



90

Figura 3. Abordajes para acceso yugular. **A:** punción yugular posterior, por arriba del cruce de la vena yugular externa por el esternocleidomastoideo y dirigida al manguito del esternón. **B:** punción yugular central o media, en el vértice de los fascículos anterior y posterior del esternocleidomastoideo, y dirigida al pezón ipsilateral. Aunque confiere menor comodidad, resulta sencilla y útil cuando la imagen ultrasonográfica ubica la vena yugular lateral a la arteria carótida. **C:** punción yugular posterior baja, 1-2 cm por arriba de la clavícula detrás del fascículo posterior del esternocleidomastoideo y dirigida al manguito del esternón. Es sencilla, con bajas complicaciones, con fijación que deja libre el área cervical y especialmente útil cuando la vena yugular por ultrasonido se ubica anterior a la arteria carótida²⁵.

de bomba de sangre, en incrementos de presión del circuito asociado a transfusión de productos sanguíneos o en falla de metas de calcio iónico durante anticoagulación con citrato por recirculación del calcio infundido, entre otros. Las opciones para contrarrestar dicho efecto de aspiración podrían incluir: a) mantener la punta del acceso de HD por detrás de la otra vía central, lo cual sólo es posible en caso de acceso yugular derecho; b) suponer que la aspiración de sangre mezclada en el atrio derecho implicará una menor cantidad relativa de sustancias aspiradas, lo cual no ha sido evaluado; c) modificar la posición del otro acceso central, y d) simplemente optar por acceso de HD en posición femoral o usar accesos de HD trilumen, en los cuales la tercera vía se emplea para la administración específica de un fármaco, teniendo su salida por delante del orificio de aspiración de sangre (Fig. 4)²⁶.

Accesos no convencionales

Finalmente, existen protocolos de colocación de accesos vasculares poco convencionales, como pueden ser en yugulares externos, yugular en prono, poplíteo, transhepático,

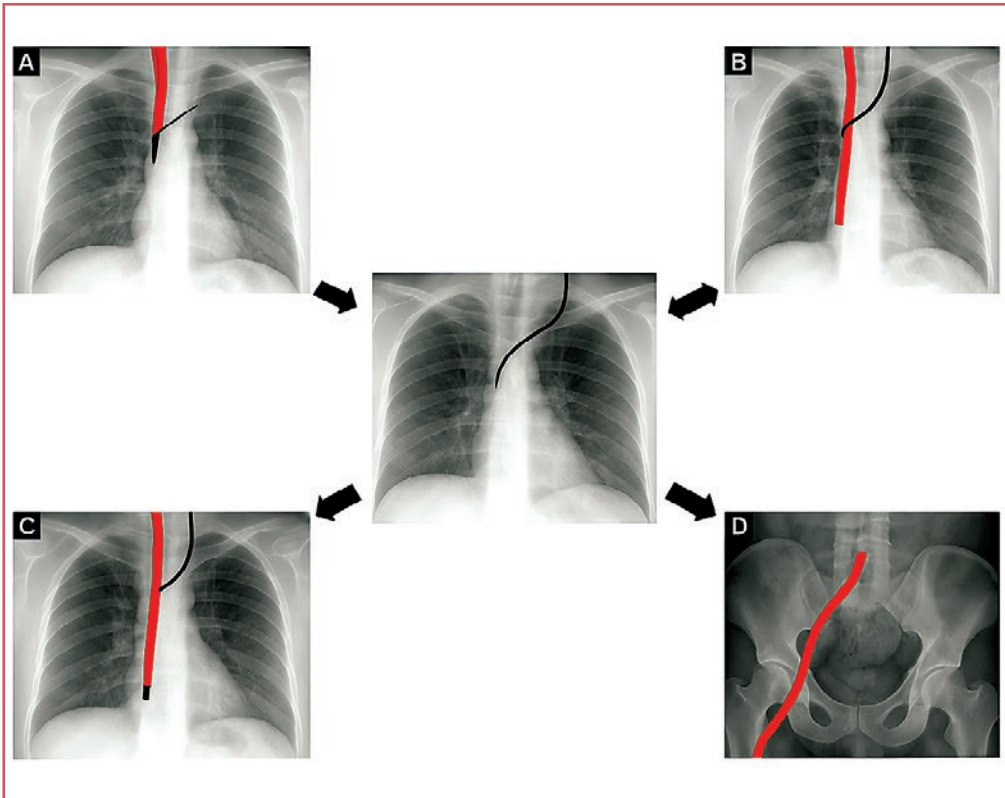


Figura 4. Interacción entre los accesos venosos. En el caso de la preexistencia de un acceso yugular izquierdo central para la administración de fármacos y soluciones, la colocación del catéter de HD en yugular derecho permite, en teoría, dejar la punta apenas arriba del acceso previo para evitar la aspiración de infusiones (A), la introducción hasta el atrio derecho bajo la teoría de menor aspiración relativa a la mezcla venosa (B), la introducción de un catéter trilumen e infusión por tercer lumen de algún fármaco seleccionado (C) o, finalmente, optar por acceso femoral para evitar la interacción (D).

translumbal, transrenal e incluso intracardiaco; sin embargo, representan un nivel de complejidad mayor y requieren de un entrenamiento adicional, así como de un personal con mayor experiencia, siendo realizados en centros de tercer nivel de atención²⁷.

LA SIMULACIÓN CLÍNICA EN LA ADQUISICIÓN DE COMPETENCIAS PARA ACCESOS VASCULARES EN POBLACIÓN PEDIÁTRICA CON ENFERMEDADES RESPIRATORIAS

Introducción

La atención a población pediátrica con enfermedades respiratorias agudas en estado crítico suele requerir accesos vasculares rápidos, seguros y eficaces, situación que con frecuencia representa un reto clínico importante. Dicha población enfrenta

particularidades anatómicas y fisiológicas que, en manos inexpertas, aumentan la complejidad de la toma de decisiones y realización de procedimientos.

El entrenamiento basado en simulación clínica se ha consolidado como una herramienta esencial en la formación de recursos humanos en salud, al permitir la práctica de toma de decisiones y procedimientos complejos en un entorno seguro, ético y controlado.

Retos particulares en accesos vasculares pediátricos

Los accesos vasculares en población pediátrica presentan múltiples desafíos, tales como menor calibre vascular, mayor fragilidad, movilidad y pobre cooperación del paciente, que a menudo dificultan la canalización. Reportes de la literatura científica demuestran de manera consistente que el uso de ultrasonido mejora el éxito en la colocación del acceso vascular en el primer intento, facilitando la evaluación e inserción, y permitiendo identificar complicaciones tempranas, como hematomas y neumotórax tras la inserción del catéter, y tardías, como la presencia de trombosis y desplazamiento de la punta del catéter.

La navegación y localización de la punta del catéter durante la colocación mediante ultrasonido han demostrado disminuir las complicaciones asociadas a una mala colocación, tales como trombosis y arritmias²⁸.

En el contexto respiratorio, la urgencia por obtener accesos vasculares para administrar medicamentos, sedación o volumen previo al escalamiento del soporte ventilatorio intensifica la presión sobre el personal de salud, por lo que resulta fundamental el entrenamiento no sólo en la realización de la punción, sino también en la selección del tipo de acceso necesario de acuerdo con el estado clínico²⁹.

La simulación como estrategia educativa

Los programas que incorporan estrategias de simulación han demostrado un incremento en las tasas de primera punción exitosa hasta en un 85.6%, reducir el número de intentos, acelerar la curva de aprendizaje, mejorar la coordinación mano-ojo en procedimientos guiados por ultrasonografía y ser útiles en la construcción de confianza en personal en formación³⁰. La simulación clínica permite la repetición ilimitada de procedimientos en un entorno seguro, lo que ha demostrado disminución del estrés del personal al enfrentarse a niños reales. Esto permite entrenar habilidades técnicas y no técnicas en accesos vasculares pediátricos. Existen diversos tipos de simuladores, que van desde modelos de baja fidelidad, como brazos de práctica, hasta maniqués de alta fidelidad con respuesta fisiológica simulada.

Competencias adquiridas

El entrenamiento con simulación en accesos vasculares pediátricos promueve la adquisición de competencias técnicas, entre las que se incluyen la canalización venosa periférica, la inserción de catéteres centrales y el establecimiento de accesos intraóseos en situaciones de emergencia³¹.

Impacto en formación y práctica clínica

En diversos estudios se ha demostrado que la simulación mejora significativamente los indicadores de desempeño clínico en accesos vasculares pediátricos.

Incrementa también la confianza del operador y reduce el sesgo de desconocimiento en la elección del acceso vascular necesario en diversos escenarios clínicos, lo cual se asocia a una mejoría en la capacidad de manejo de crisis, que es crucial en la atención de pacientes pediátricos con emergencias respiratorias.

Perspectivas futuras

El futuro de la simulación en accesos vasculares pediátricos apunta hacia la incorporación de tecnologías emergentes como la realidad aumentada, la realidad virtual y la inteligencia artificial, que permitirán una enseñanza más personalizada y adaptativa.

CONCLUSIONES

La simulación clínica constituye una herramienta fundamental en la adquisición de competencias para accesos vasculares en población adulta y pediátrica, particularmente en el contexto de las enfermedades respiratorias.

Su implementación sistemática no sólo mejora las habilidades técnicas del personal de salud, sino que también fortalece competencias no técnicas cruciales como la toma de decisiones, la comunicación efectiva y el trabajo en equipo³¹.

93

BIBLIOGRAFÍA

1. Marino PL. The ICU Book. Wolters Kluwer; 2020. [Este libro es un recurso integral para los médicos que trabajan en cuidados intensivos y aborda temas críticos, incluidos los accesos venosos].
2. Troianos CA, Hartman GS, Glas KE, et al. Guidelines for performing ultrasound guided vascular cannulation. J Ultrasound Med. 2012;31(3):439-46.
3. Grebenik CR, Boyce A, Sinclair ME, et al. NICE guidelines for central venous catheterization in children and adults. Br J Anaesthesia. 2004;92(3):187-97.
4. Lamperti M, Bodenham AR. Ultrasound guidance in central venous catheterization: A one-size-fits-all solution. J Crit Care. 2013;28(1):8-12.
5. Royse CF, et al. Handbook of Critical Care Ultrasound. Cambridge University Press; 2021.
6. Lamperti M, et al. Ultrasound-guided puncture of the internal jugular vein versus landmark technique for central venous access in adult critically ill patients. Cochrane Database Syst Rev. 2012;(3):CD006542.
7. National Institute for Health and Care Excellence (NICE). Ultrasound-guided cannulation for central venous access. NICE Interventional Procedures Guidance 339; 2015.
8. http://www.cpe.salud.gob.mx/site3/publicaciones/docs/protocolo_manejo_estandarizado.pdf
9. McGee WT, Gould KS. Ultrasound-guided internal jugular vein catheterization: A review of current techniques and complication avoidance. Anesth Analg. 2019;128(4):e103-5.
10. Thyssen S, Litterst P, Böhmer C. Ultrasound-guided vascular access: evaluation and techniques. Dtsch Arztebl Int. 2018;115(33-34):551-8.
11. Chopra V, et al. Framework for the Prevention of Central Line-associated Bloodstream Infections. Infect Control Hosp Epidemiol. 2015;36(11):1240-8.
12. Torsvik H, et al. Long-term vascular access in adults: A review of catheter types and placement techniques. Clin Interv Aging. 2019;14:2225-36.
13. Khatib A, et al. Ultrasound-guided central venous catheterization: A review of techniques and outcomes. J Clin Med. 2018;7(11):429.

14. Boulet, et al. *Ann Intensive Care*. 2023;13:4.
15. Al minutes F, et al. Ultrasound-guided peripheral intravenous access: A systematic review. *J Vasc Access*. 2018;19(3):170-6.
16. Beyea MM, et al. *Vascular Access and Management*. Wound, Ostomy and Continence Nurses Society. 2010.
17. O'Grady NP, et al. *Guidelines for the Prevention of Intravascular Catheter-Related Infections*. Centers for Disease Control and Prevention. 2011.
18. Vázquez-Rangel A. *Gac Med Mex*. 2018;154(Supp 1):S22-30.
19. Lok CE, Huber TS, Orchanian-Cheff A, Rajan DK. Arteriovenous Access for Hemodialysis: A Review. *JAMA*. 2024;331(15):1307-17.
20. Boubes K, Shaikh A, Alsaukas Z, Dwyer A. New Directions in Ensuring Catheter Safety. *Adv Chronic Kidney Dis*. 2020;27(3):228-35.
21. Sohail MA, Vachharajani TJ, Anvari E. Central Venous Catheters for Hemodialysis-the Myth and the Evidence. *Kidney Int Rep*. 2021;6(12):2958-68.
22. Spencer TR, Pittiruti M. Rapid Central Vein Assessment (RaCeVA): A systematic, standardized approach for ultrasound assessment before central venous catheterization. *J Vasc Access*. 2019;20(3):239-49.
23. Brescia F, Pittiruti M, Ostroff M, Biasucci DG. Rapid Femoral Vein Assessment (RaFeVA): A systematic protocol for ultrasound evaluation of the veins of the lower limb, so to optimize the insertion of femorally inserted central catheters. *J Vasc Access*. 2021;22(6):863-72.
24. Annigeri RA, Ostermann M, Tolwani A, Vázquez-Rangel A, Ponce D, Bagga A, et al. Renal support for acute kidney injury in the developing World. *Kidney Int Rep*. 2017;2(4):559-78.
25. García Nava M, Vallejo Rocha DM, Pacchiano Alemán L, Rodríguez Armida M, Hernández Morales G, Suna Padilla IA, et al. Hemodialysis vascular access in prone position for critically ill patients with ARDS. *J Vasc Access*. 2024;25(3):976-80.
26. Pittiruti M, Annetta MG, D'andrea V. Point-of-care ultrasound for vascular access in neonates and children. *Eur J Pediatr*. 2024;183(3):1073-8.
27. Ballard HA, Tsao M, Robles A, Phillips M, Hajduk J, Feinglass J, et al. Use of a simulation-based mastery learning curriculum to improve ultrasound-guided vascular access skills of pediatric anesthesiologists. *Paediatr Anaesth*. 2020;30(11):1204-10.
28. Legoux C, Gerein R, Boutis K, Barrowman N, Plint A. Retention of Critical Procedural Skills After Simulation Training: A Systematic Review. *AEM Educ Train*. 2020;5(3):e10536.
29. Hassanein SMA, Tantawi HR, Sadek BN, Hendy A, Awad HA. Impact of structured simulation-based and on-job training program on nurses' competency in pediatric peripheral intravenous cannulation: Children's hospital experience. *Nurse Educ Today*. 2021;98:104776.
30. Thomas SM, Burch W, Kuehnle SE, Flood RG, Scalzo AJ, Gerard JM. Simulation training for pediatric residents on central venous catheter placement: a pilot study. *Pediatr Crit Care Med*. 2013;14(9):e416-23.
31. Okano H, Mayumi T, Kataoka Y, Banno M, Tsujimoto Y, Shiroshita A, et al. Outcomes of Simulation-Based Education for Vascular Access: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cureus*. 2021;13(8):e17188.
32. Diaz MCG, Dawson K. Use of simulation to develop a COVID-19 resuscitation process in a pediatric emergency department. *Am J Infect Control*. 2020;48(10):1244-7.

Cuidado de la vía aérea por simulación

Margarita Ramírez López, Alejandro David Rizo Velasco,
Martha Castillo González, Angélica Merino Serrano,
Lucía Cruz Abarca e Iris Yuliana Santiago Pérez

INTRODUCCIÓN

La simulación del cuidado es una herramienta reconocida en el ámbito de la adquisición de habilidades técnicas y destrezas que ayuda a la inmersión al entorno clínico seguro del educado. Esta etapa tiene la finalidad de condicionar o reforzar habilidades para el cuidado. Para ello, el proceso consiste en tres fases: planeación, implementación y evaluación (Tabla 1).

Estas fases permiten el desarrollo de habilidades técnicas específicas de los cuidados de la vía aérea artificial (VAA) (instalación de la VAA, mantenimiento y retirada de la cánula orotraqueal [COT], así como el mantenimiento de la VAA crónica a través del manejo de la cánula de traqueostomía) que impactan positivamente en la formación del profesional de enfermería y le permiten introducirse en el manejo óptimo y seguro de este tipo de pacientes.

95

CUIDADOS DURANTE LA SECUENCIA RÁPIDA DE INSTALACIÓN DE LA VÍA AÉREA ARTIFICIAL POR SIMULACIÓN

La intubación de secuencia rápida (ISR) constituye el método de elección para asegurar la vía aérea en pacientes críticos o con riesgo de broncoaspiración. Este procedimiento combina la administración secuencial de un inductor anestésico y un bloqueador neuromuscular, con el fin de optimizar las condiciones de intubación y reducir el tiempo de apnea y exposición a complicaciones. La educación en salud ha incorporado la simulación clínica como estrategia fundamental para el aprendizaje de la ISR, ya que permite recrear escenarios de alta fidelidad y entrenar habilidades técnicas y no técnicas en un ambiente controlado y seguro¹.

Preparación y predictores de vía aérea difícil

La fase inicial de la ISR contempla la evaluación de la vía aérea, la monitorización y la preparación del equipamiento. Según la mnemotecnia SOFAME (Tabla 2), se deben garantizar: succión, oxígeno, fármacos, evaluación de la vía aérea, monitorización y equipamiento. La simulación clínica permite practicar el algoritmo de predictores de vía aérea difícil, evitando fallos y reduciendo tiempos (Tabla 3) y complicaciones en la práctica real.

Preoxigenación y pretratamiento

La preoxigenación reemplaza el nitrógeno alveolar por oxígeno, prolongando el tiempo de apnea segura (6-8 min en adultos sanos, menos de 3 min en pacientes críticos, obesos

Tabla 1. Fases de capacitación por simulación		
Planeación de la capacitación	Implementación de la capacitación	Evaluación de la capacitación y documentación de observaciones
Datos generales de la capacitación	Realizar el encuadre: presentar a los participantes, explicar los objetivos, análisis de expectativas y delimitar funciones y responsabilidades	Aplicar <i>checklist</i> de procesos de enfermería
Programar la capacitación: establecer fecha y hora, ubicación, contenido temático, objetivo a alcanzar, metodología	Presentar la metodología: presencial con técnica de simulación de baja fidelidad, uso de <i>feedback</i> y soporte con material didáctico. Uso de técnicas descriptivas, explicativas, demostrativas, devolución de procedimiento o preguntas y respuestas	Evaluación de satisfacción
Reunir material y equipo requerido	Desarrollar el contenido temático Aclarar dudas Documentar el proceso de intervención educativa	Evaluación de utilidad

Tabla 2. Elementos básicos para ISR (SOFAME)	
Elemento	Consideraciones
Succión	Aspirador funcional al lado del operador
Oxígeno	FiO ₂ 100% mediante mascarilla de alto flujo
Fármacos	Inductor, relajante, fármacos vasoactivos
Vía aérea	Evaluación y plan alternativo (dispositivos supraglóticos, cricotiroidotomía)
Monitorización	PA, SpO ₂ , ECG, capnografía si está disponible
Equipamiento	Laringoscopia/videolaringoscopia, tubos de distintos tamaños, cánulas

PA: presión arterial; SpO₂: saturación periférica de oxígeno; ECG: electrocardiograma.

o embarazadas). El pretratamiento farmacológico incluye lidocaína, opioides de acción corta y fármacos α -adrenérgicos, orientados a mitigar las respuestas simpáticas y prevenir complicaciones como hipertensión intracraneal o bradicardia pediátrica².

Inducción anestésica y parálisis neuromuscular

La selección del inductor depende del estado clínico: etomidato aporta estabilidad hemodinámica, ketamina brinda analgesia y broncodilatación, propofol tiene un rápido inicio, pero riesgo de hipotensión, y midazolam proporciona sedación con inicio más lento. En cuanto a los bloqueadores neuromusculares, la succinilcolina es de acción rápida, pero está contraindicada en quemaduras, sepsis y miopatías. Rocuronio es una alternativa segura, aunque de mayor duración, que puede revertirse con sugammadex^{3,4}.

Tabla 3. Tiempos y acciones de actuación	
Tiempo	Acción
-10 min	Preparación
-5 min	Preoxigenación
-3 min	Premedicación
0	Inducción y parálisis
+20-30 s	Protección
+45 s	Posicionamiento del tubo
+1 min	Cuidados postintubación

Maniobras de intubación y confirmación

La ISR busca intubar en el primer intento, pues la tasa de complicaciones aumenta con cada repetición. La simulación permite practicar el posicionamiento adecuado, el uso de videolaringoscopio para incrementar la tasa de éxito y la confirmación con capnografía como estándar de oro⁵.

Cuidados inmediatos postintubación

Tras la colocación del tubo endotraqueal, los cuidados incluyen fijación segura, verificación radiológica, ajuste de ventilación protectora, sedación y analgesia continua, y vigilancia de complicaciones como neumotórax, intubación esofágica u obstrucción del tubo⁶.

Como medio de evaluación se propone un *checklist* (Fig. 1), cuyo objetivo es realizar un procedimiento organizado en momentos críticos, tomando en cuenta los datos fidedignos de la preinstalación, transinstalación y postinstalación de la VAA.

Conclusiones

El entrenamiento mediante simulación clínica en la secuencia rápida de instalación de la VAA constituye un pilar en la formación de profesionales de salud. Permite no sólo adquirir destrezas técnicas como la elección de fármacos, la aplicación de maniobras y la confirmación de intubación, sino también habilidades no técnicas como el trabajo en equipo, la toma de decisiones bajo presión y la priorización de cuidados. Los artículos revisados coinciden en que la correcta ejecución de la SRI disminuye las complicaciones y mejora la seguridad del paciente crítico.

CUIDADOS DE ENFERMERÍA DE LA VÍA AÉREA ARTIFICIAL POR SIMULACIÓN

La VAA es una maniobra que utiliza dispositivos como la COT, que permiten una ventilación adecuada y segura a pacientes que lo requieren⁷.



Checklist para instalación de COT

Fecha					
Nombre			Fecha Nac. (dd, mes, año)		Edad
Expediente			Servicio		Género M F
Cama		Peso	Talla		Hora de inicio

Indicación: Debe leer en voz alta cada uno de los puntos y recibir respuesta en un circuito cerrado de comunicación, señalando con una X el cumplimiento de acuerdo al orden descrito, en caso de no cumplirse algún punto el líder valorará la continuidad del procedimiento.

1.- PRE PROCEDIMIENTO			
Documentos			
☐	Consentimiento informado		
Valoración			
☐	Ayuno	Si ☐	No ☐
☐	Valoración para acceso de Vía Aérea	Si ☐	No ☐
	Vía Aérea Difícil (LEMON) *	Si ☐	No ☐
	Ventilación Difícil BONES) *	Si ☐	No ☐
	Otra: _____	Si ☐	No ☐
Equipo intubación rápida			
☐	Líder (Médico - Check list)		
☐	Intubación (Médico)		
☐	Carro rojo/Bitácora (Enfermería)		
☐	Medicamentos (Enfermera (o) del pte.)		
☐	Inhaloterapia (TR)		
Equipo VAD			
☐	Experto en VAD* (Anestesiólogo/Intensivista)		
☐	Cirujano (Tórax, ORL) *		
Entorno			
☐	Monitor		
☐	Equipo EPP (Goggles / N95/bata/guantes)		
☐	Aspiración		
☐	Bolsa mascarilla reservorio (Ambú)		
☐	Cánula Orotraqueal (COT)		
☐	Maletín de Vía Aérea Difícil (VAD)		
☐	Carro rojo		
☐	Ventilador		
2.- TRANS PROCEDIMIENTO			
☐	Tiempo fuera (MISP4)**		
☐	Pre oxigenación		
☐	Sedación (MISP2)***		
	Premedicación	Si ☐	No ☐
	Inducción	Si ☐	No ☐
	Parálisis	Si ☐	No ☐
3.- POS PROCEDIMIENTO			
☐	Verificación primaria de Vía Aérea Artificial. (auscultar ruidos pulmonares, valorar SpO ₂)		
☐	Capnografía		
☐	Solicitud de placa de tórax para comprobar colocación de COT		
☐	Debriefing		

Responsable del llenado (nombre y firma): _____

VAD: Vía Aérea Difícil.

* Solo integrar en caso de Vía Aérea Difícil o Ventilación Difícil.

Tiempo fuera: **Meta 4 Paciente correcto, Procedimiento correcto y se Presentan los integrantes.

***Comunicación efectiva: MISP 2 Indica, Verifica, Ratifica y Aplica (circuito cerrado).

Figura 1. Checklist para instalación de COT

Los cuidados de enfermería al paciente con VAA deben encaminarse a brindar seguridad y confort, y a la recuperación de la salud con las mínimas complicaciones y secuelas posibles para reintegrarse a su vida cotidiana.

El entrenamiento en el manejo de la vía aérea con el uso de simulación clínica es, por excelencia, el método que con mayor frecuencia se utiliza en instituciones educativas y algunas instituciones de salud. Además, tras su implementación se ha evidenciado que mejora el cuidado de los pacientes y disminuye las complicaciones clínicas^{8,9}.

Las complicaciones que se han reportado en la literatura científica respecto a la intubación endotraqueal se dividen en tres categorías: preintubación, postintubación y tras la extubación. Durante la instalación de la COT se suele presentar fractura dental (39%), lesiones en dentales, daño a prótesis dental (12%), lesiones en boca, labios y tejidos blandos, lesiones en faringe, laringe y tráquea, al retirar el tubo es frecuente el traumatismo laríngeo al no desinflar el balón (1%), el laringoespasma secundario a la irritación glótica e hipofaríngea (1%), broncoespasmo y aspiración de contenido gástrico (2%). Adicionalmente, la disfonía, afonía, parálisis de cuerdas vocales (3-4%), estenosis traqueal, glótica o subglótica (1%)¹⁰. De ahí la importancia de prevenir al máximo posible la presencia de éstas.

Para el cuidado de la VAA se han definido cuatro aspectos (Tabla 4):

- Mantener permeable la COT a través de la aspiración de secreciones.
- Sujeción correcta del dispositivo.
- Prevenir la neumonía asociada a la ventilación mecánica (NAVM) por medio de la higiene oral.
- Participar en el proceso de destete ventilatorio.

Estrategias de capacitación

99

La enseñanza del cuidado de la VAA por simulación considera cuatro estrategias (Tabla 5) alineadas con los objetivos a alcanzar, enmarcando las habilidades a desarrollar, así como la técnica didáctica y herramientas de evaluación a usar.

Conclusiones

La habilidad adquirida en el manejo de la VAA evita complicaciones mortales, por lo que el profesional de enfermería debe dominar como mínimo los procedimientos planteados.

SIMULACIÓN DEL CUIDADO DE LA VÍA AÉREA ARTIFICIAL CRÓNICA CON CÁNULA DE TRAQUEOSTOMÍA

Una traqueotomía es una abertura artificial creada quirúrgicamente del cuello anterior hacia la tráquea. Las indicaciones para este procedimiento incluyen ventilación y destete a largo plazo, trauma facial y de las vías respiratorias superiores, prevención de aspiración y protección de las vías respiratorias. En 2015, la Investigación Nacional Confidencial sobre Resultados y Muertes de Pacientes estimó que cada año se realizan aproximadamente 12,000 traqueotomías en el Reino Unido. Las complicaciones inmediatas son relativamente poco frecuentes y ocurren en sólo el 5.3% de las traqueostomías quirúrgicas. Las complicaciones posteriores a la traqueotomía, como la obstrucción o el desplazamiento, representaron el 60% de las emergencias de traqueotomía observadas tanto en cuidados intensivos como en entornos de sala¹¹.

Tabla 4. Cuidados de la VAA			
Permeabilidad de la COT: aspiración de secreciones	Fijación de la COT	Prevención de NAVM: higiene dental	Proceso de destete
Material y equipo			
– Equipo de protección personal – Flaneras – Circuito cerrado – Gasas estériles – Agua inyectable o solución fisiológica al 0.9% – Equipo de succión – Tubo Tygon – Jeringa de 20 cc	– Equipo de protección personal – Fijación artesanal con tela adhesiva o cinta de lino – Gasas	– Equipo de protección personal – Equipo de aspiración – Cepillo dental con o sin aspirador – Gasas no estériles – Agua inyectable o solución fisiológica al 0.9% – Jeringa de 20 ml	– Monitor para constantes vitales – Curvas de ventilación mecánica – Escala de valoración de estado de alerta
Proceso			
– Mantener la posición de la cabecera del paciente de 30 a 45° – Pausar la nutrición enteral – Aspirar secreciones por turno o por razón necesaria – Verificar la presión de succión para la aspiración de secreciones, que debe de ser de 80 a 100 mmHg y menor de 120 mmHg – Preoxigenar con FiO₂ al 100% antes y después del procedimiento – La sonda del circuito cerrado debe de ser del 50 al 70% de la luz de la COT – La introducción del circuito al aspirar debe de coincidir con el número de donde quedó fijo el COT – Aplicar la succión – Retirar la sonda con movimiento rotatorio – Vigilar la saturación del paciente – La aspiración debe durar entre 10 y 15 s	– Preparar la piel del paciente (limpia, seca y libre de residuos) – Verificar el nivel de fijación de la COT con respecto a la arcada dental – Solicitar ayuda para fijar la cánula – Retirar la fijación sucia – Colocar la fijación limpia – Verificar el nivel de tensión – Colocar gasas en la comisura labial	– Verificar el nivel de neumotaponamiento de acuerdo al objetivo terapéutico – Cada 4 h, valorar la cavidad oral en busca de lesiones o sangrado – Iniciar con aspiración gentil de secreción acumulada (deslizando la cánula de aspiración por los carrillos) – Dividir la boca en cuatro cuadrantes, iniciando por el cuadrante superior izquierdo, cuadrante superior derecho, cuadrante inferior izquierdo y cuadrante inferior derecho – Realizar cepillado con agua inyectable o solución fisiológica al 0.9%, de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba, con movimiento circular el paladar blando, duro y los carrillos – Aspirar residuos de materia orgánica	– Suspender la sedación – Aplicar las escalas: RASS, Cook y Palma – Valoración de la mecánica ventilatoria – Analizar las curvas gráficas del ventilador mecánico – Documentar en la hoja enfermería

Tabla 5. Estrategias de capacitación para cuidado de la VAA por simulación		
Objetivo general	Capacitar al profesional de enfermería sobre el cuidado de la VAA	
Objetivos específicos	– Mantener la permeabilidad de la COT – Sujeción correcta del dispositivo – Prevenir NAVM – Participar en el proceso de destete ventilatorio	
Estrategia 1	Permeabilidad de la COT	
Objetivo 1: mantener la permeabilidad de la COT a través de la aspiración de secreciones	Enseñar el proceso de aspiración de secreciones	
Habilidades a desarrollar	Técnica didáctica	Evaluación de la habilidad
Aspiración de secreciones	Demostrativa y práctica Simulación de alta fidelidad de la interpretación de las curvas gráficas del ventilador Uso de <i>feedback</i>	Devolución del procedimiento
Estrategia 2	Sujeción correcta del dispositivo	
Objetivo 2: mantener la COT con sujeción correcta	Mantener la seguridad del dispositivo a través del cambio de fijación	
Habilidades a desarrollar	Técnica didáctica	Evaluación de la habilidad
Cambio de fijación de una COT	Demostrativa y descriptiva Devolución del proceso de la fijación de la COT Uso de <i>feedback</i>	– Realización de la práctica – Uso de preguntas y respuestas
Estrategia 3	Prevenir NAVM a través de la higiene de la cavidad oral	
Objetivo 3: prevenir NAVM a través de la higiene oral	Enseñar el proceso de higiene de cavidad oral en paciente con COT	
Habilidades a desarrollar	Técnica didáctica	Evaluación de la habilidad
Higiene de la cavidad oral	Demostrativa y descriptiva Simulación de baja intensidad de la fijación Uso de <i>feedback</i>	– Devolución del procedimiento – Uso de preguntas y respuestas
Estrategia 4	Proceso de destete ventilatorio	
Objetivo 4: participar en el proceso de destete ventilatorio	Enseñar el proceso de valoración ventilatoria	
Habilidades a desarrollar	Técnica didáctica	Evaluación de la habilidad
Valoración de la mecánica ventilatoria	– Demostrativa – Valorar el estado de conciencia por medio de las escalas de valoración RASS, Cook y Palma – Uso de <i>feedback</i>	– Devolución del procedimiento – Evaluación de casos

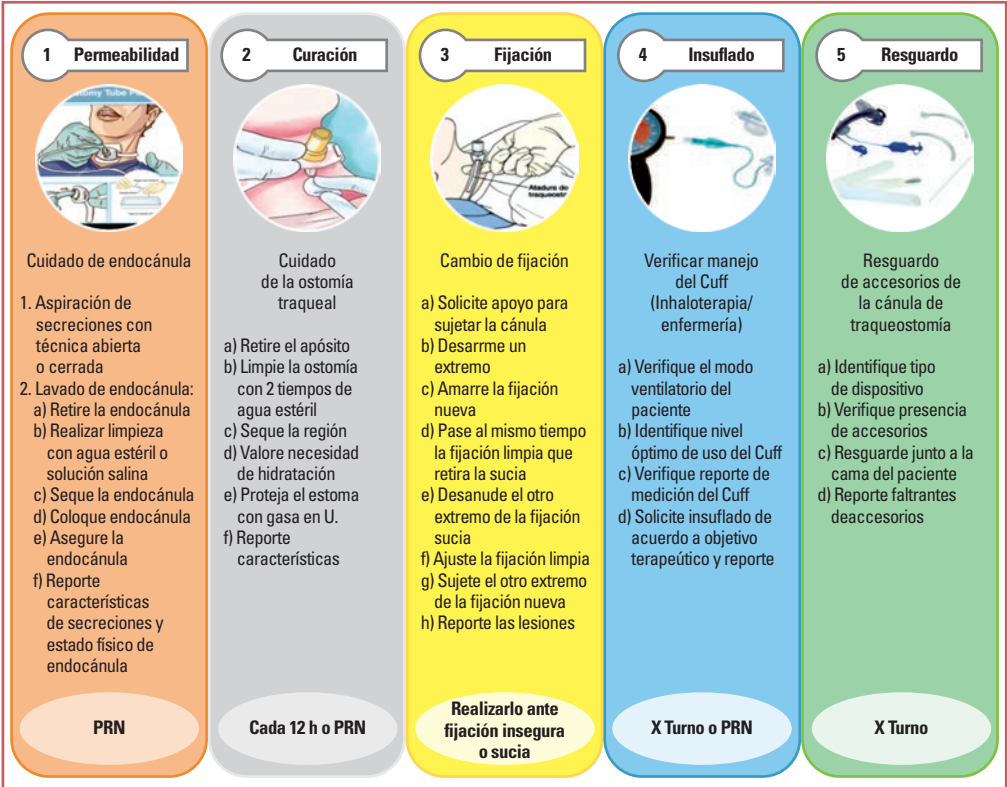


Figura 2. Cuidado del paciente portador de cánula de traqueostomía

Cuidados de la cánula de traqueostomía

Existen varios tipos de cánulas de traqueostomía, pero todas requieren de cuidados generales y propios de la cánula que se enfocan en la aspiración de secreciones y lavado de la cánula para mantener la permeabilidad de la vía aérea, prevenir infecciones locales a través del cuidado del estoma, mantener segura la cánula a través de la fijación segura, mantener un óptimo neumotaponamiento con el manejo del manguito, resguardo de accesorios y vigilar datos de alarma (Fig. 2).

Fase de capacitación por simulación¹²

Las estrategias de capacitación se desarrollan como se describe en la tabla 6.

CUIDADOS DURANTE LA RETIRADA DE VÍA AÉREA ARTIFICIAL POR SIMULACIÓN

La retirada de la VAA, ya sea cánula de Rush o traqueostomía, constituye un proceso crítico en el cuidado intensivo. Este procedimiento implica riesgos como insuficiencia respiratoria, fracaso de la extubación o complicaciones derivadas de secreciones y alteraciones hemodinámicas. En este contexto, el rol de enfermería es fundamental al garantizar

Tabla 6. Estrategias de capacitación para el cuidado de la cánula de traqueostomía por simulación

Objetivo general	Enseñar al educando el manejo de la cánula de traqueostomía a través de la simulación del cuidado, considerando la permeabilidad de la vía, prevención de infecciones, seguridad de la cánula, manejo del manguito y vigilancia de complicaciones	
Objetivos específicos	– Mantener la permeabilidad de la cánula de traqueostomía – Prevenir infecciones locales – Asegurar el dispositivo médico – Manejo del manguito – Vigilar la presencia de complicaciones	
Estrategia 1	Permeabilidad de la cánula de traqueostomía	
Objetivo 1: mantener la permeabilidad de la cánula de traqueostomía	Capacitar para el lavado de endocánula y aspiración de secreciones	
Equipo y material	Lavado de endocánula Equipo de protección personal Agua esterilizada Recipiente (para sumergir la endocánula) Hisopos (largos de plástico) Gasas	Aspiración de secreciones Equipo de protección personal Agua esterilizada Jeringa de 10 ml Sonda de aspiración de 12-14 Fr Aspirador de secreciones 2 flanerías Gasas
Habilidades a desarrollar	Técnica didáctica	Evaluación de la habilidad
Lavado de endocánula	Demostrativa Simulación de baja intensidad del lavado de la endocánula Uso de <i>feedback</i>	Devolución del procedimiento
Aspiración de secreciones	Demostrativa Simulación de baja intensidad del proceso de aspiración de secreciones	Devolución del procedimiento
Estrategia 2	Previniendo infecciones del estoma traqueal	
Objetivo 2: prevenir infecciones del estoma	Enseñar el proceso de curación del estoma	
Equipo y material	Equipo de protección personal Agua purificada Jabón líquido neutro Hisopos (largos de plástico) Gasas	
Habilidades a desarrollar	Técnica didáctica	Evaluación de la habilidad
Proceso de curación del estoma traqueal	Demostrativa Simulación de baja intensidad del proceso de curación del estoma Uso de <i>feedback</i>	Devolución del procedimiento
Describir datos de infección y/o traumatismo	Descriptiva	Uso de preguntas y respuestas

Tabla 6. Estrategias de capacitación para el cuidado de la cánula de traqueostomía por simulación (continuación)		
Estrategia 3	Asegurando la cánula de traqueostomía	
Objetivo 3: asegurar el dispositivo médico	Mantener la seguridad del dispositivo a través de la tensión, comodidad y limpieza de la fijación	
Equipo y material	Guantes desechables Cinta de algodón, no expandible (cinta de lino de 1 cm de ancho) Fijaciones comerciales	
Habilidades a desarrollar	Técnica didáctica	Evaluación de la habilidad
Técnica de fijación del dispositivo	Demostrativa	Devolución del procedimiento
Confirmar el nivel de tensión	Simulación de baja intensidad de la fijación	Uso de preguntas y respuestas
Verificar la comodidad	Uso de <i>feedback</i>	Observación
Corroborar el nivel de limpieza		
Estrategia 4	Manejo correcto de la presión de insuflado del manguito	
Objetivo 4: manejo del manguito	Verificar el nivel óptimo de insuflado del manguito	
Equipo y material	Guantes Jeringa de 20 cc Manómetro Cánula de traqueostomía con manguito	
Habilidades a desarrollar	Técnica didáctica	Evaluación de la habilidad
Medición del nivel de presión del manguito	Demostrativa Simulación de baja intensidad de la medición de presión del manguito Uso de <i>feedback</i>	Devolución del procedimiento
Estrategia 5	Vigilando complicaciones relacionadas con el uso de la cánula de traqueostomía	
Objetivo 5: vigilar presencia de complicaciones	Identificar la presencia de riesgo por complicaciones relacionadas con el uso de la cánula de traqueostomía a través de la exploración torácica	
Equipo y material requerido	Equipo de protección personal Estetoscopio Equipo de monitoreo no invasivo Cánula de traqueostomía con manguito	
Habilidades a desarrollar	Técnica didáctica	Evaluación de la habilidad
Identificar datos de:	Demostrativa Simulación de baja intensidad de exploración torácica	Devolución del procedimiento
– Sangrado activo por cánula o estoma – Obstrucción – Salida de dispositivo – Infección relacionada con el dispositivo – Lesiones en la piel y tejidos blandos – Pérdida de accesorios	Uso de <i>feedback</i>	

Tabla 7. Valoración inicial de enfermería durante el retiro de VAA

1.	Evaluación clínica integral, con valoración de parámetros vitales, gases arteriales, secreciones y nivel de conciencia
2.	Pruebas de respiración espontánea recomendadas con presión inspiratoria de soporte de 5-8 cmH ₂ O para mejorar la probabilidad de éxito
3.	Manejo de sedación mediante protocolos de minimización, asociados con reducción en la duración de ventilación mecánica y estancia en UCI
4.	Soporte no invasivo postextubación en pacientes de alto riesgo, reduciendo el fracaso y la mortalidad temprana
5.	Cuidados de enfermería orientados a indicadores como frecuencia respiratoria espontánea, saturación de oxígeno, volumen corriente y reflejo de tos

seguridad, humanización y acompañamiento durante la transición del paciente. La simulación clínica se posiciona como una estrategia innovadora para entrenar a profesionales en escenarios de alto riesgo, y permite reproducir condiciones complejas de destete ventilatorio y retirada de dispositivos en un entorno seguro y controlado, fortaleciendo la autonomía profesional¹³.

Desde diversas teorías los cuidados de enfermería comprenden intervenciones desde la preparación física y psicológica del paciente hasta la vigilancia de complicaciones inmediatas. Según la teoría de Swanson, estos cuidados se estructuran en cinco procesos básicos: conocer, estar con, hacer por, facilitar y mantener las creencias, resaltando el valor del acompañamiento y la empatía¹⁴.

Después de considerar estos aspectos integrales como profesionales de enfermería, se debe proceder a una valoración inicial básica de las condiciones físicas del paciente y diversas dimensiones para la retirada de la VAA¹⁵ (Tabla 7).

La retirada de una cánula de Rush y traqueostomía no debe entenderse únicamente como un procedimiento técnico, sino como un proceso de transición vital que requiere acompañamiento humano y ético. La simulación clínica se presenta como un espacio seguro para desarrollar estas competencias, reduciendo la curva de aprendizaje y fortaleciendo los protocolos de seguridad del paciente¹⁶.

Simulación clínica como herramienta formativa durante la retirada de vía aérea artificial (cánula de Rush y cánula de traqueostomía)

En la tabla 8 se presentan las dimensiones del cuidado que se deben considerar en un escenario de simulación para la retirada de una VAA (cánula de Rush y cánula de traqueostomía).

CUIDADO DE LA SALUD RESPIRATORIA POR SIMULACIÓN CLÍNICA

Según Pérez Padilla, et al., las enfermedades respiratorias (ER) se clasifican en crónicas, infecciosas y cánceres. En el año 2021, las infecciones respiratorias representaron el 25.9%

Tabla 8. Dimensiones del cuidado para retirar la VAA		
Dimensión del cuidado	Acciones específicas en simulación	Impacto esperado en la seguridad del paciente
Valoración clínica inicial	– Evaluación de signos vitales (FR, SpO₂, FC, TA) – Identificación de riesgo de obstrucción y secreciones abundantes – Verificación de nivel de conciencia y reflejo tusígeno	– Prevención de complicaciones por inestabilidad hemodinámica – Detección temprana de riesgo de fracaso de extubación/decanulación
Preparación del paciente y equipo	– Explicar el procedimiento al paciente (disminución de ansiedad) – Preparar material: aspirador, cánulas de repuesto, bolsa-válvula-mascarilla, oxígeno suplementario – Simulación de escenarios de urgencia (broncoespasmo, sangrado)	– Reducción de ansiedad y cooperación del paciente – Disminución de errores por falta de insumos – Mayor capacidad de respuesta ante emergencias
Ejecución técnica	– Pruebas de respiración espontánea en simulación – Retirada controlada de cánula de Rush o traqueostomía en maniquí de alta fidelidad – Aspiración de secreciones y administración de oxígeno	– Fortalecimiento de competencias técnicas en entornos seguros – Prevención de hipoxemia y obstrucción de vía aérea
Cuidados posretirada	– Monitorización continua de SpO₂ y FR – Evaluación de estridor laríngeo y esfuerzo respiratorio – Enseñanza de técnicas de tos asistida y fisioterapia respiratoria	– Disminución de reintubaciones – Recuperación más segura y efectiva del paciente
Dimensión humanista (teoría de Swanson)	– Conocer: valorar necesidades físicas y emocionales – Estar con: acompañamiento empático – Hacer por: ejecutar cuidados seguros – Facilitar: orientar sobre expectativas – Mantener creencias: reforzar esperanza de recuperación	– Mayor satisfacción del paciente y familia – Humanización del cuidado en escenarios críticos
Entrenamiento en simulación clínica	– Escenarios con complicaciones simuladas (hipoxemia, sangrado, fallo ventilatorio) – Retroalimentación estructurada y rúbricas – Trabajo interdisciplinario en equipo	– Reducción de eventos adversos en práctica real – Mejora en la coordinación y comunicación clínica – Cultura de seguridad fortalecida

de las muertes en México debido a la infección por el SARS-CoV-2 en personas mayores de 20 años, mientras que las ER crónicas se asociaron al 3.4% de muertes y los cánceres respiratorios constituyeron un 1.2%¹⁷, lo cual se consideró un incremento importante respecto a la pandemia.

Los reingresos hospitalarios asociados a problemas respiratorios representan un reto importante para los sistemas de salud. Algunos estudios indican que entre el 15 y el 25% de los pacientes con ER reingresan dentro de los 30 días posteriores al egreso¹⁸. Los reingresos hospitalarios están asociados a las deficiencias de autocuidado, errores en las técnicas, falta de adherencia terapéutica, desconocimiento de signos de alarma y ausencia de seguimiento domiciliario. En este sentido, la capacitación de profesionales mediante simulación clínica no sólo mejora la práctica hospitalaria, sino que también fortalece la educación al paciente y su familia, componentes clave para evitar complicaciones y reingresos.

Un abordaje integral debe fomentar estilos de vida saludables (dieta balanceada, ejercicio, evitar el consumo de tabaco, consumo moderado de alcohol, correcto lavado de manos), aumentar la educación en salud respiratoria en la población (higiene respiratoria, reconocimiento de signos y síntomas de alarma, aislamiento de personas enfermas, ventilación del ambiente, estornudo de etiqueta, recomendaciones específicas como la vacunación contra la influenza, neumonía, COVID-19)¹⁹. Dicho abordaje se puede ejecutar mediante técnicas de simulación clínica.

Simulación clínica como herramienta de aprendizaje y la prevención de enfermedades respiratorias

La simulación clínica se aplica en la enseñanza de medidas preventivas y de promoción a la salud aplicando diferentes escenarios, que van desde una baja fidelidad utilizando el juego de roles, pacientes estandarizados o modelos anatómicos simples, hasta la simulación *in situ* en entornos reales donde el alumno puede poner en práctica sus habilidades de resolución de problemas en entornos reales, promoviendo así el aprendizaje experiencial.

El uso de pacientes estandarizados, simuladores de baja, mediana y alta fidelidad, y escenarios comunitarios favorece el entrenamiento en acciones esenciales como la higiene respiratoria, el uso adecuado de equipo de protección personal, la promoción de la vacunación y la identificación de signos de alarma. De esta forma, la simulación trasciende la enseñanza técnica y el aprendizaje conductista, y se convierte en una estrategia integral basada en el aprendizaje constructivista y experiencial que impacta en la reducción de las complicaciones de ER, la mejora en la atención primaria y la disminución de reingresos hospitalarios.

BIBLIOGRAFÍA

1. Velásquez López F, Olivos López JP, Araya Rubio R, Blanco López A. Intubación de secuencia rápida, un procedimiento que todo médico debiese conocer. *Rev Méd Maule*. 2024;39(3):52-63.
2. Zamarrón López EI, Pérez Nieto OR, et al. Secuencia de inducción rápida en paciente crítico. *Acta Colomb Cuid Intensivo*. 2019;19(4):301-10.
3. Villalobos Zúñiga G, Solano Guillén MJ. Secuencia rápida de intubación: revisión de literatura. *Rev Ciencia y Salud*. 2022;6(4):79-88.
4. Almarales JR, Saavedra MA, Salcedo O, et al. Inducción de secuencia rápida para intubación orotraqueal en urgencias. *Repert Med Cir*. 2016;25(4):210-8.
5. Pérez P, Moreno A, Gempeler FE. Guía para la secuencia de inducción e intubación rápida en el servicio de emergencias. *Univ Méd*. 2013;54(2):175-98.
6. Poveda Jaramillo R, Dueñas Castell C, et al. Secuencia rápida de intubación en cuidados intensivos. *Rev Colomb Anestesiol*. 2013;41(1):24-33.

7. Rojas-Peñaloza J, et al. Manejo de la vía aérea. *Revista Mexicana de Anestesiología*. 2017;40(1). Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/rma/cma-2017/cmas171cg.pdf>
8. Vázquez-González AM. Cuidados de Enfermería en el paciente intubado. *SANUM*. 2024;8(2):36-47. Disponible en: <https://revistacientificasanum.com/vol-8-num-2-abril-2024-cuidados-de-enfermeria-en-el-paciente-intubado/>
9. Rowlands B, Suresh S, Kwak SY, et al. Virtual Reality Emergency Tracheostomy Simulation: A Feasibility Study on Intensive Care Healthcare Professional Learning Outcomes. *Cureus*. 2025;17(4):e83172. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12121302/#abstract1>
10. Ouellette DR, Patel S, Girard TD, et al. Liberation from mechanical ventilation in critically ill adults: an official American College of Chest Physicians/American Thoracic Society Clinical Practice Guideline. *Chest*. 2017; 151(1):166-80.
11. Oliveira SMR, Novais RMF, Carvalho AAS. Impact of a ventilatory weaning protocol in an intensive care unit for adults. *Texto Contexto Enferm*. 2019;28:e20180287.
12. Álvarez-Muñoz E, Rivas-Riveros E. Cuidado de enfermería durante el proceso de extubación: desde la teoría de Kristen Swanson. *Horiz Enferm*. 2023;34(3):577-93.
13. Álvarez M, Guamán SA, Quiñonez JV. Cuidados de enfermería en pacientes con ventilación mecánica invasiva en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos. *Cambios Rev Méd*. 2019;18(1):96-1110.
14. Pérez-Padilla JR, Thirión-Romero I, Robles-Hernández R, et al. Enfermedades respiratorias en México. Análisis del estudio Global Burden of Disease 2021. *Gac Med Mex*. 2023;159(6):599-613. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0016-38132023000600599&lng=es
15. Secretaría de Salud. Programa de acción específico. Prevención y control de las enfermedades respiratorias e influenza 2013-2018. Ciudad de México: Secretaría de Salud; 2014.
16. Choi S, Jae-Kim Y, Gi-Kim K, et al. Predicting 30-day readmissions in pneumonia patients using machine learning and residential greenness. *Digital Health*. 2025;11:20552076251325990. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/20552076251325990>
17. Broch-Porcar MJ, Castellanos-Ortega A. Seguridad del paciente, ¿qué aporta la simulación clínica y la innovación docente? *Med Intensiva (Engl Ed)*. 2025;49(3):165-73.
18. Organización Mundial de la Salud. Prevención de enfermedades respiratorias. Argentina: Ministerio de Salud; 2025.
19. Herrera-Aliaga E, Estrada LD. Tendencias e innovaciones de la simulación para la educación médica del siglo XXI. *Front Public Health*. 2022;10:619769. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/journals/public-health/articles/10.3389/fpubh.2022.619769/full>

Simulación en trasplante de pulmón

Francina Valezka Bolaños Morales, Raúl Olmos Zúñiga,
Pablo Gomes-da Silva de Rosenzweig, Luis Fernando Arana Bolaños,
Diana García Campo, María Jose Midence Arguello
y Patricio Javier Santillan Doherty

SIMULACIÓN EN EL TRASPLANTE PULMONAR

Desde sus inicios, el trasplante pulmonar (TP) ha evolucionado hasta consolidarse como la única opción terapéutica para pacientes con enfermedad pulmonar terminal. Los primeros avances experimentales en modelos animales fueron realizados por Alexis Carrel y Vladimir Demikhov¹; sin embargo, no fue hasta 1963 que James Hardy realizó el primer intento clínico exitoso en humanos, demostrando la viabilidad técnica pese a la limitada supervivencia del paciente.

En 1983, Cooper y Patterson reportaron el primer caso de supervivencia prolongada después de un TP gracias a la introducción de la ciclosporina, que permitió reducir los esteroides y mejorar la cicatrización bronquial, replicando esta técnica de manera exitosa en varios pacientes². De manera similar, en México, el primer TP fue realizado en 1989 por Patricio Santillán y Jaime Villalba en el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias Ismael Cosío Villegas (INER).

Los avances en el TP han dado lugar al desarrollo de estrategias orientadas a mejorar la preservación del órgano durante el procedimiento, así como a optimizar su calidad para que sea considerado elegible. Tal es el caso de la perfusión pulmonar *ex vivo*, una técnica que permite reevaluar pulmones inicialmente descartados y que ha demostrado tasas de TP subsecuente de hasta el 90%³⁻⁶.

Hoy en día, el Registro Internacional de Trasplantes de Órganos Torácicos muestra que el TP ha incrementado en seis veces su realización desde 1992⁷; sin embargo, el incremento en el volumen de TP no ha ido acompañado de un crecimiento proporcional en el número de centros de entrenamiento especializados, ni en el desarrollo de estrategias enfocadas en la formación del equipo multidisciplinario involucrado (neumólogos, cirujanos cardiotorácicos, anestesiólogos, intensivistas, perfusionistas, entre otros). Como resultado, la capacitación de estos equipos se ve particularmente afectada en los centros en los que se realizan pocos trasplantes, lo que posiciona a la simulación en TP como una herramienta clave para el desarrollo de las competencias necesarias para realizar este procedimiento de manera segura y eficaz.

La simulación es una modalidad educativa en la que se crea artificialmente un escenario con el propósito de estudiar o reproducir condiciones que podrían presentarse en la vida real¹¹. En el TP estos escenarios permiten realizar los diferentes niveles de fidelidad de simulación, los cuales facilitan una más rápida adquisición y estandarización de las habilidades prácticas necesarias para su realización, así como la coordinación y comunicación del equipo multidisciplinario, las cuales podrían influir positivamente en los desenlaces clínicos de los pacientes, debido a que permiten reproducir situaciones críticas que provocan altos niveles de estrés, las cuales requieren un elevado nivel de capacitación y que

puedan ser practicadas en entornos de bajo riesgo. Asimismo, favorecen la formación de recursos en entrenamiento como residentes, personal de enfermería y perfusionistas^{12,13}.

En cuanto a las estrategias de simulación del TP, pueden dividirse en el desarrollo de habilidades técnicas, como las quirúrgicas, anestésicas y procedimentales, y habilidades no técnicas, que son igualmente fundamentales. Estas últimas incluyen competencias sociales, cognitivas e interpersonales, así como la práctica de liderazgo, comunicación efectiva y trabajo en equipo¹⁴.

En 2023, el INER implementó un protocolo de capacitación en TP dirigido a equipos multidisciplinarios, mediante un programa de simulación en modelo porcino que integra técnicas anestésicas, quirúrgicas y de oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO, por sus siglas en inglés), con el fin de garantizar un procedimiento seguro, fluido y eficaz.

Una vez que los equipos se encuentran reunidos, se realizan los diferentes escenarios, que incluyen:

- Identificación del receptor/donador.
- Simulación de alta fidelidad (modelo experimental).
- Revisión de las estrategias no técnicas para la simulación.

A continuación, se presentan los aspectos metodológicos del protocolo de simulación en TP realizado en el INER.

Indicaciones del trasplante pulmonar

En esta fase interviene el equipo clínico, que identifica al candidato ideal para el TP. Las características del receptor son clave para el éxito del TP. El *Lung Allocation Score* prioriza a quienes tienen mayor necesidad y potencial beneficio, evaluando la probabilidad de supervivencia a un año con y sin trasplante, y asignando puntajes más altos a los pacientes con mayor riesgo sin el procedimiento¹⁵.

En términos generales, el TP debe considerarse en pacientes con enfermedad pulmonar terminal que cumplan los siguientes criterios:

- Riesgo elevado de muerte (> 50%) en los próximos dos años sin trasplante.
- Alta probabilidad de supervivencia (> 80%) durante los primeros 90 días postrasplante.
- Alta probabilidad de supervivencia (> 80%) a cinco años postrasplante, asumiendo una función adecuada del injerto.

No obstante, es importante destacar que cada enfermedad que constituye una indicación para TP posee criterios específicos, los cuales deben individualizarse⁸.

Contraindicaciones para el trasplante pulmonar

Asimismo, el personal clínico se encarga de rechazar a los posibles candidatos basándose en las contraindicaciones de este procedimiento, las cuales se detallan en la tabla 1. En cuanto a las contraindicaciones relativas, éstas van más allá de los objetivos de este capítulo; sin embargo, es de vital importancia realizar una evaluación individualizada para así determinar la reversibilidad y la viabilidad de los candidatos⁸.

Valoración del donante

En esta fase interviene el personal que acude al centro en el que se encuentra el posible donador, quienes verifican que exista un consentimiento de donación, certificado de muerte

Tabla 1. Contraindicaciones del TP	
Contraindicaciones absolutas	
Rechazo del paciente al trasplante	Choque séptico, infección extrapulmonar activa/ diseminada o tuberculosis activa
Neoplasia maligna con alto riesgo de recurrencia o mortalidad	VIH con carga viral detectable
TFG < 40 ml/min/1.73 m ² (excepto trasplante multiorgánico)	Limitación funcional severa sin potencial de rehabilitación
Insuficiencia renal sin expectativa de recuperación	Deterioro cognitivo progresivo
SCA o IAM en los últimos 30 días	Falta de adherencia al tratamiento
Insuficiencia hepática aguda o cirrosis con hipertensión portal (salvo multiorgánico)	Consumo o dependencia activa de sustancias (tabaco, vapeo, marihuana o drogas iv.)
EVC reciente (< 30 días)	Comorbilidad grave no controlada con impacto en la supervivencia

TFG: tasa de filtrado glomerular; SCA: síndrome coronario agudo; IAM: infarto agudo de miocardio; EVC: evento cerebrovascular. Adaptado de Leard, et al.⁸, Weill, et al.⁹ y Son, et al.¹⁰.

Tabla 2. Criterios de selección para el donante de pulmón
Criterios de selección para el paciente donante de pulmón
Edad < 55 años Compatibilidad ABO Radiografías de tórax seriadas limpias PaO ₂ > 300 mmHg con una FiO ₂ de 1.0 y PEEP de 5 cmH ₂ O Ausencia de trauma torácico Sin evidencia de aspiración o sepsis Tabaquismo < 20 paquetes/año Sin historia de cirugía cardiopulmonar Tinción de Gram de esputo con ausencia de microorganismos Ausencia de secreciones purulentas en broncoscopia Compatibilidad de tamaño con el receptor

cerebral con medios competentes del centro según legislación y compatibilidad sanguínea del receptor, así como una serología negativa para virus de inmunodeficiencia humana (VIH), hepatitis B y hepatitis C. Los criterios de selección para el paciente donante se resumen en la tabla 2¹⁶⁻¹⁸. Para la compatibilidad de tamaño con el receptor, el criterio más aceptado es la capacidad pulmonar total predicha (pTLC). Se utiliza la siguiente fórmula para calcularlo¹⁹:

Hombres: $pTLC (L) = 7.99 \times \text{altura (m)} - 7.08$
Mujeres: $pTLC (L) = 6.60 \times \text{altura (m)} - 5.79$

Protocolo experimental (simulación de alta fidelidad)

En esta etapa intervienen los coordinadores de trasplante y equipos de anestesia, broncoscopia, cirugía cardior torácica, ECMO y terapia intensiva. Además, se utiliza un modelo

porcino por su similitud anatómica y fisiológica con el ser humano y por las limitaciones de otros modelos animales²⁰, aunque se diferencia por la presencia de cuatro lóbulos derechos, por lo que se prefiere el trasplante izquierdo para conservar la similitud anatómica. Las fases del modelo incluyen: inducción anestésica, cirugía del donante, cirugía de banco, preparación del receptor con ECMO e implantación. En nuestro instituto se prefiere el uso de ECMO, respaldado por los resultados del grupo de Viena, que han demostrado sus beneficios en trasplantes bilaterales²¹.

SIMULACIÓN ANESTÉSICA

La simulación del equipo de anestesia incluye desde la intubación de una vía difícil, debido a que el cerdo, por tener una cavidad oral larga y a que la epiglotis se oculta debajo del paladar blando, dificulta su intubación. Asimismo, permite el uso de los mismos fármacos que se utilizan en el humano, realizar la evaluación broncoscópica, colocar los accesos vasculares y programar los equipos de monitoreo para el mantenimiento de la anestesia con valores fisiológicos utilizados en el TP humano. Sin embargo, la inducción de la anestesia se realiza con fármacos no utilizados en humanos.

La anestesia se induce con tiletamina-zolazepam (4 mg/kg IM) y propofol (4 mg/kg intravenosos [iv.]), seguida de intubación orotraqueal y mantenimiento a lo largo de la simulación, con sevoflurano en circuito cerrado y fentanilo (0.1 mg/kg iv.). La ventilación se realiza en modalidad controlada por volumen: 25 rpm, 6-8 ml/kg, fracción de oxígeno inspirado (FiO_2) del 50-70% ($\text{SaO}_2 > 90\%$), presión positiva al final de la espiración (PEEP) de 5 cmH₂O, relación I:E de 1:2 y flujo de 15-30 l/min. Se usa una máquina de anestesia con medición de mecánica pulmonar. Se aplica manejo térmico y soporte hemodinámico con catecolaminas si es necesario.

- Broncoscopia inicial: administrar 100 mg iv. de metilprednisolona antes del procedimiento. Realizar visualización traqueobronquial y aspirado para cultivo.
- Colocación de accesos centrales: bajo anestesia general y guiado por ultrasonido (técnica de Seldinger)²², se colocan catéter venoso central (CVC) yugular y catéter arterial de 18 G en carótida, conectados al monitor para registrar los parámetros hemodinámicos.

CIRUGÍA DEL DONADOR

Estos pasos no sólo facilitan el aprendizaje del cirujano con poca experiencia en trasplante, sino también la formación de los asistentes quirúrgicos y la familiarización del equipo de enfermería con el instrumental y las etapas del procedimiento. Consta de:

- Asepsia con clorhexidina al 2% en etanol al 70%.
- Incisión media esternal desde la escotadura esternal hasta el apéndice xifoides.
- Disección roma subxifoidea, tracción con pinzas y liberación del pericardio.
- Realizar una esternotomía media utilizando una sierra esternal de corte vertical.
- Abrir ambas pleuras para exponer los pulmones y palpar su superficie, verificando la ausencia de lesiones y liberando ambos ligamentos pulmonares.
- Resecar el timo.
- Abrir y fijar el pericardio con puntos de tracción (seda 0) para optimizar la visibilidad.
- Disecar y colocar referencias para la cava superior/inferior, aorta ascendente y arteria pulmonar.
- A continuación, solicitar una gasometría arterial con FiO_2 al 100% previo al procedimiento quirúrgico.

- Realizar jaretas con sutura 3-0 en aorta y arteria pulmonar, y colocar torniquetes Rummel (color rojo o azul para identificación), que se fijan con una pinza Kelly protegida.
- Canulación con solución de Custodiol® (cardioplejia) y Perfadex® (perfusión pulmonar), ambas conectadas y listas, y colocadas a 40 cm por encima del nivel torácico.
- Aplicar heparina (300-400 U/kg o 30,000 UI) vía CVC o directamente a la arteria pulmonar (consultar con el resto del equipo si se puede heparinizar, especialmente con el equipo hepático cuando es la procuración multiorgánica).
- Administrar prostaglandina E1 (PGE1), una ampolla (500 µg de alprostadil) diluida en 10 ml de solución salina al 0.9% por la arteria pulmonar o vena cava superior, utilizando una aguja de calibre 25.
- Pinzar la aorta ascendente.
- Ligadura de la vena cava superior e inferior.
- Realizar un corte de 2 cm en el atrio izquierdo.
- Pasar solución de Custodiol® para el corazón (aproximadamente 1 l en 5 min) e iniciar de forma simultánea la solución de preservación pulmonar (60 ml/kg a 4-8 °C [500 µg adicionales de PGE1 en solución de Perfadex® son opcionales]).
- Asegurarse del arresto cardíaco efectivo, tiempo estimado de perfusión: 10-15 min.
- Empezar cardiectomía.
- Dividir la vena cava superior e inferior, cuidando no lesionar las arterias pulmonares.
- Retirar el pinzamiento aórtico y realizar corte de la aorta ascendente y arteria pulmonar.
- Cortar la aurícula izquierda entre su porción media y el inicio de la vena pulmonar superior izquierda, conservando un margen adecuado de rodete auricular, y extraer el corazón.
- Dividir el pericardio en el ángulo cardiofrénico inferior para ingresar al plano preesofágico.
- Diseccionar el tejido entre el esófago (posterior) y la tráquea (anterior), preferentemente con disección roma/manual.
- Inflar los pulmones hasta alcanzar una presión de vía aérea de 20 cmH₂O (aproximadamente el 50-75% de la capacidad pulmonar total), con una FiO₂ del 30-50%. Evaluar visualmente para asegurarse de que no haya sobreinflación.
- Solicitar al anestesiólogo que retire cuidadosamente el tubo endotraqueal para evitar seccionarlo accidentalmente.
- Colocar una grapadora quirúrgica distal y engrapar/seccionar la tráquea cerca de la línea de grapas.
- Extraer el bloque pulmonar con precaución, evitando contacto o lesión con salientes óseos.

Importante: la ventilación mecánica nunca se suspende hasta extraer los pulmones.

CIRUGÍA DE BANCO

Antes de la extracción, es fundamental contar con una cubeta equipada con bolsa plástica y hielo granizado para el almacenamiento inicial del injerto. Además, se recomienda realizar una simulación de la cirugía de banco, lo cual permitirá al equipo de extracción familiarizarse con la disección requerida según el tipo de trasplante a realizar. Consta de:

- Retirar la línea de grapas traqueales.
- Retirar el exceso de tejido no relevante.

- Una vez extraído el bloque bipulmonar, realizar la perfusión retrógrada insertando una sonda Foley con globo inflado a cada una de las venas pulmonares hasta que salga limpio y claro por la arteria pulmonar.
- Para preparar el injerto de cara al implante, liberar las estructuras vasculares de sus adherencias al pericardio, pues así se logra individualizar la arteria y el bronquio de cada lado.
- Dividir la arteria pulmonar a nivel de la bifurcación y ajustar los bordes del rodete auricular.
- El bronquio debe ser seccionado con engrapadora mecánica, cartucho de 45 mm, dejando un anillo a la carina lobar.
- Introducirlo en tres bolsas.
- Colocar el pulmón en la primera bolsa sólo con Perfadex frío (hermético).
- Colocar la segunda bolsa con hielo granizado y Perfadex.
- Colocar la tercera bolsa sin hielo y poner la etiqueta.
- Colocar en hielera con hielo para su transporte (temperatura de conservación pulmonar a 4-8 °C).

PREPARACIÓN DEL RECEPTOR, COLOCACIÓN DE ECMO

Este segmento del protocolo no sólo facilita al equipo quirúrgico la familiarización con la canulación de ECMO, sino que también permite al equipo de perfusión simular escenarios clínicos, como la decanulación accidental y la entrada accidental de aire al circuito, o fallas en el sistema de batería de la ECMO.

114

La modalidad utilizada de ECMO es venoarterial, con canulación arterial en la aorta y canulación venosa en la aurícula derecha, lo cual proporciona soporte tanto circulatorio como respiratorio efectivo durante el procedimiento.

El procedimiento consta de:

- Una vez anestesiado y realizada la asepsia, realizar una esternotomía media.
- Repetir los pasos 6 y 7 del explante.
- Aplicar 400 U/kg de peso de heparina previo a la canulación para ECMO.
- Utilizar una cánula tipo EOPA (catéter de oxígeno por arteria pulmonar) 18 Fr para canulación de aorta y una de 32 Fr curvada para canulación de aurícula derecha.
- Una vez canulado, iniciar la ECMO con un flujo al 50% de gasto cardíaco y modificar el flujo a necesidad por gasometría. Verificar siempre la presencia de flujo pulsátil en la arteria pulmonar. Mantener la presión de la arteria pulmonar por debajo de 40 mmHg y el dióxido de carbono al final de la espiración en torno a 20 mmHg.

TÉCNICA QUIRÚRGICA

- Una vez aseguradas las cánulas de ECMO, colocar el animal en decúbito lateral derecho y realizar una toracotomía posterolateral para realizar la neumonectomía izquierda.
- Realizar los ajustes necesarios a las estructuras vasculares y bronquios para facilitar la adecuación al tamaño del implante.
- Para trabajar con los rodetes arteriales, venosos y bronquiales, se pueden utilizar pinzas de Satinsky como opción convencional para el clampeo parcial y atraumático. Alternativamente, pueden emplearse grapadoras quirúrgicas tipo TA de 35 mm para el bronquio y de 45 mm para las estructuras vasculares.

- Resecar aproximadamente 1.5 cm de rodete de arteria pulmonar del receptor.
- A nivel auricular, realizar un ajuste del muñón de la aurícula izquierda del receptor para que pueda recibir adecuadamente el rodete auricular del injerto.
- Para el bronquio, realizar una disección hasta dos anillos proximales a la carina y seccionar, permitiendo una anastomosis sin tensión y con buena vascularización.
- Retirar cuidadosamente el pulmón del donador de las bolsas de transporte y colocar sobre una gasa estéril humedecida con solución salina fría, dispuesta en el hemitórax del receptor.
- Iniciar con la anastomosis del bronquio principal utilizando suturas PDS 4-0, doble armadas, en modo de surjete continuo.
- Anastomosis de arteria pulmonar con Prolene 5-0 en modo de surjete continuo.
- Finalmente, realizar la anastomosis del rodete auricular con Prolene 5-0, utilizando puntos de colchonero horizontal.
- Una vez finalizadas todas las anastomosis, proceder a realizar las pruebas de fuga. Para ello, retirar progresivamente las pinzas colocadas en los extremos de las anastomosis del receptor, comenzando con el rodete auricular, seguido de la arteria pulmonar y finalmente el bronquio. La prueba de fuga bronquial se realiza instilando solución salina estéril en el hemitórax del paciente mientras se ventila el injerto. En caso de identificarse fuga, se procede a reforzar la sutura según sea necesario.
- Una vez concluido, realizar una broncoscopia de control para determinar el estado de la anastomosis.
- Después de finalizar el implante pulmonar, reducir el flujo pulmonar de la ECMO a 1 l/min y proceder a evaluar la posibilidad de la decanulación del sistema ECMO.
- En caso de tolerar retirada de la ECMO, proseguir al cierre con drenajes intratorácicos.

ESTRATEGIAS NO TÉCNICAS PARA LA SIMULACIÓN

Como parte de la integración de habilidades de liderazgo y comunicación, se recomienda ampliamente designar un locutor durante los procedimientos. Su función es facilitar un circuito de comunicación cerrado, asegurando que cada paso sea claramente transmitido entre los distintos equipos, en especial entre los equipos de explante e implante. Asimismo, la designación de un líder de equipo contribuye a supervisar los pasos clave y garantizar la correcta ejecución del trasplante.

Por otra parte, la implementación de estrategias como el *briefing* (reunión previa) y el *debriefing* (reunión posterior) permite revisar aspectos críticos del procedimiento, identificar oportunidades de mejora y reconocer aciertos, que, cuando se realizan estructuradamente, se han asociado con una mayor calidad, credibilidad y efectividad en los procesos de simulación¹⁴.

RECOMENDACIONES VITALES PARA EL ÉXITO DEL TRASPLANTE

- Durante la obtención pulmonar, tratar la fibrilación auricular con cardioversión sincronizada directa (10 J) y la fibrilación ventricular con desfibrilación progresiva (10-20 J).
- Se acepta un tiempo máximo de isquemia de 6 h.
- Ante atelectasia, se prefiere una maniobra de Valsalva suave, seguida de ventilación protectora (venoso central 6-8 ml/kg, FiO₂ 50%, PEEP 5 cmH₂O).
 - Es necesario esperar 25-30 min antes de repetir la gasometría para obtener valores confiables.

- Si la atelectasia persiste o recurre rápidamente, el injerto puede considerarse no viable, debiendo realizarse una broncoscopia para identificar causas reversibles o irreversibles.
- La medición de gases venosos pulmonares tras reclutamiento (FiO₂ 100%, PEEP 5-8) puede predecir disfunción orgánica postrasplante, especialmente si el PaO₂/FiO₂ es < 300 o hay dudas sobre la función de algún segmento pulmonar.

CONCLUSIONES

La simulación de habilidades técnicas y no técnicas en el TP facilita la adquisición y estandarización rápida de competencias quirúrgicas, anestésicas, de enfermería y perfusión (incluyendo manejo de ECMO), así como de habilidades comunicativas e interpersonales esenciales para la coordinación del equipo multidisciplinario. Cabe destacar que, para su ejecución, no sólo se requiere personal calificado en cirugía, anestesiología y perfusión, sino que también es indispensable considerar la normativa institucional y nacional vigente en cuanto al uso de animales con fines de entrenamiento e investigación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Venuta F, Van Raemdonck D. History of lung transplantation. *J Thorac Dis.* 2017;9(12):5458-71.
2. Panchabhai TS, Chaddha U, McCurry KR, et al. Historical perspectives of lung transplantation: connecting the dots. *J Thorac Dis.* 2018;10(7):4516-31.
3. Cypel M, Yeung JC, Liu M, et al. Normothermic ex vivo lung perfusion in clinical lung transplantation. *N Engl J Med.* 2011;364(15):1431-40.
4. Sage E, Mussot S, Trebbia G, et al. Lung transplantation from initially rejected donors after ex vivo lung reconditioning: the French experience. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2014;46(5):794-9.
5. Ali A, Hoetzenecker K, Luis Campo-Cañaveral de la Cruz J, et al. Extension of Cold Static Donor Lung Preservation at 10°C. *NEJM Evid.* 2023;2(6):EVIDo2300008.
6. Paraskeva MA, Snell GI. Advances in lung transplantation: 60 years on. *Respirology.* 2024;29(6):458-70.
7. Singh TP, Hsieh E, Cherikh WS, et al. The International Thoracic Organ Transplant Registry of the International Society for Heart and Lung Transplantation: 2025 Annual Report of Heart and Lung Transplantation. *J Heart Lung Transplant.* 2025.
8. Leard LE, Holm AM, Valapour M, et al. Consensus document for the selection of lung transplant candidates: An update from the International Society for Heart and Lung Transplantation. *J Heart Lung Transplant.* 2021;40(11):1349-79.
9. Weill D. Lung transplantation: indications and contraindications. *J Thorac Dis.* 2018;10(7):4574-87.
10. Son J, Shin C. Indications for Lung Transplantation and Patient Selection. *J Chest Surg.* 2022;55(4):255-64.
11. Stevenson A. Oxford dictionary of English. Oxford University Press; 2010.
12. Patnaik R, Khan MTA, Oh T, et al. Technical skills simulation in transplant surgery: a systematic review. *Global Surg Educ.* 2022;1(1):42.
13. Patnaik R, Stefanidis D. Outcome-based training and the role of simulation. In: *Comprehensive healthcare simulation: surgery and surgical subspecialties.* Springer; 2019. p. 69-78.
14. Walji HD, Ellis SA, Martin-Ucar AE, Hernandez L. Simulation in thoracic surgery-A mini review of a vital educational tool to maximize peri-operative care and minimize complications. *Front Surg.* 2023;10:1146716.
15. Lashari BH, Myers C, Brown J, et al. Recipient selection, timing of referral, and listing for lung transplantation. *Indian J Thorac Cardiovasc Surg.* 2022;38(Suppl 2):237-47.
16. Van der Mark SC, Hoek RAS, Hellemons ME. Developments in lung transplantation over the past decade. *Eur Respir Rev.* 2020;29(157):190132.
17. Van Raemdonck D, Neyrinck A, Verleden GM, et al. Lung donor selection and management. *Proc Am Thorac Soc.* 2009;6(1):28-38.
18. Yu WS, Son J. Donor Selection, Management, and Procurement for Lung Transplantation. *J Chest Surg.* 2022;55(4):277-82.
19. Barnard JB, Davies O, Curry P, et al. Size matching in lung transplantation: an evidence-based review. *J Heart Lung Transplant.* 2013;32(9):849-60.
20. Mariscal A, Caldarone L, Tikkanen J, et al. Pig lung transplant survival model. *Nat Protoc.* 2018;13(8):1814-28.
21. Hoetzenecker K, Benazzo A, Stork T, et al. Bilateral lung transplantation on intraoperative extracorporeal membrane oxygenator: An observational study. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2020;160(1):320-7.e1.
22. Castro-Salinas JE. Colocación de catéter central subclavio mediante abordaje infraclavicular modificado. *Rev Mex Anest.* 2014;37(Supl.1):S352-8.

Anexos

MALETA DE PROCURACIÓN

- 2 hieleras (pulmón derecho e izquierdo)
- 3 bolsas de hielo no estéril (solicitar al momento)
- 3 agujas de cardioplejia
- 12 bolsas de Perfadex plus
- 6 bolsas de solución de Hartmann/fisiológicas de 1 l congeladas
- 4 equipos de Venoset para pasar cardioplejia, material y sutura
- 5 paquetes de seda atraumática con aguja #1
- 5 paquetes de seda atraumática con aguja 2/0
- 5 paquetes de Prolene 3/0
- 5 paquetes de Prolene 4/0 aguja grande
- 5 paquetes de Prolene 4/0 aguja chica
- 5 paquetes de Sutupak 0
- 6 surgi loops (rojos y azules)
- 6 campos extras
- 2 engrapadoras de bronquio TA 30/60
- 4 cartuchos vasculares endoGIA/Echelon/Panther
- 2 bronquio cartucho morado de 30 mm

117

Insumos extras para procurar

- 1 codo estéril para broncoscopio
- 1 broncoscopio estéril
- 1 frasco de lidocaína en *spray*
- 3 trampas
- laminillas, alcohol, hematoxilina y eosina
- 2 maletas
- 2 candados
- 1 tubo de K-Y (gel lubricante)

Medicamentos

- 2 frascos de metilprednisolona
- 2 ampollitas de prostaglandinas
- 1 frasco de heparina de 5,000 unidades

CHECKLIST DE LAS CHAROLAS QUIRÚRGICAS PARA PROCURAR

- 1 charola con orificios
- 1 lebrillo
- 1 separador de esternón Burford para adultos
- 2 separadores Farabeuf para adultos
- 1 mango de bisturí n.º 3
- 1 tijera Metzenbaum 20 cm
- 1 tijera Metzenbaum 18 cm
- 1 tijera Mayo
- 1 sierra (verificar que la batería esté cargada)
- 2 disecciones DeBakey (doble carril) medianas, 20 cm
- 4 disecciones DeBakey (doble carril) largas, 24 cm
- 1 pasa cintas (torniquetes)
- 1 pinza Mixter
- 1 pinza de aorta
- 1 pinza Satinsky
- 1 pinza aorta para adultos
- 1 pinza Cooley en C
- 10 pinzas Kelly rectas
- 1 portaaguja Hegar 20 cm
- 1 portaaguja Hegar 18 cm
- 2 cánulas Yankauer desechables
- 4 pasadores (2 arteriales y 2 venosos)

118

Insumos extras

- 4 bolsas estériles grandes
- 4 bolsas estériles chicas
- 2 sets de cintas y tubos para canulación
- 5 pares de guantes del 6.5
- 5 pares de guantes del 7
- 5 pares de guantes del 7.5
- 5 pares de guantes del 8
- 5 hojas de bisturí no. 15, 22 y 11.
- 2 lápices de electrocauterio
- 2 placas de electrocauterio
- 3 ChloraPrep
- 3 paquetes de compresas
- 2 paquetes de rollos
- 1 bulto de ropa quirúrgica desechable (viene con 5 batas estériles)
- 5 uniformes desechables
- 1 juego de tubos de aspiradores

CHECKLIST DE LOS INSUMOS QUIRÚRGICOS DE ENFERMERÍA PARA TP

- 2 charolas con orificios
- 1 lebrillo
- 2 separadores de esternón Finochetto para adultos
- 2 separadores Farabeuf para adultos
- 1 mango de bisturí n.º 3
- 2 tijeras Metzenbaum 20 cm
- 2 tijeras Metzenbaum 18 cm
- 1 tijera Mayo
- 1 sierra (verificar que la batería esté cargada)
- 2 disecciones DeBakey (doble carril) medianas, 20 cm
- 4 disecciones DeBakey (doble carril) largas, 24 cm
- 1 pasa cintas (torniquetes)
- 4 pinzas Mixter
- 4 pinzas Sawtell
- 4 pinzas Satinsky (diferentes tamaños)
- 2 pinzas aorta para adultos
- 2 pinzas Cooley en C
- 10 pinzas Kelly rectas
- 2 portaagujas Hegar 20 cm
- 2 portaagujas Hegar 18 cm
- 2 cánulas Yankauer desechables
- 4 hemostáticos (Tysell)
- 2 engrapadoras endoGIA/Echelon
- 4 cartuchos de 30 y (4) 45 mm
- 1 recuperador celular
- 2 hilos de alambre del 5
- 6 PDS del 3/0
- 6 Prolene del 3/0 doble armada de 90 cm
- 10 sedas del cero con aguja
- 6 Vicryl del 1/0
- 6 PDS del 3/0
- 2 grapas de piel
- 6 Monocryl del 3/0 plástico

ECMO CENTRAL Y PERIFÉRICO

- 4 pinzas de cánulas
- cánulas centrales para aorta y para la vena cava inferior (compra por maleta; se paga la que se ocupa)
- cánulas periféricas venosas y arteriales (compra por maleta)

Insumos extras

- 2 sellos de agua
- 2 tubos pleurales de 32, 36 Fr, Blake 24 Fr, Jackson Pratt
- 2 Blake 24 Fr
- Catéter subclavio izquierdo
- 2 líneas periféricas
- Líneas arteriales
- Swan-Ganz
- Catéter urinario

Insumos de anestesia			
Área	Insumo	Número	Check
Anestesia	Propofol	2	
	Zoletil	2	
	Sonda endobronquial	2	
	Catéter subclavio izquierdo	2	
	Equipo de línea arterial	2	
	Swan-Ganz	2	
	Catéter urinario	2	
	Cobertura antibiótica	2	
	Línea periférica	2	
	Tubo Rusch 6, 7, 8	2 de cada	
	Ultrasonido	1	

120

Fase	Evaluar	Check	Tiempo inicio	Tiempo de finalización
Anestesia	1. Check list el día previo 2. Preparar la mesa 3. Pedir al cerdito 4. Posición del puerco Decúbito prono o supino 5. Intubación con sonda endobronquial 6. Colocación de líneas 7. Cobertura antibiótica 8. Modificar el ventilador a FiO₂ al 50%, peep 5 9. Tomar gasometría 10. Broncoscopia y tomar lavados 11. Metilprednisolona 100 mg			

Fase	Evaluar	Check	Tiempo inicio	Tiempo de finalización
Procuración	1. Esternotomía media en puercos tipo clam Shell en humanos, con sierra vertical 2. Fijación pericárdica con seda del cero o 1 3. Evaluación de los pulmonares y descarte de lesiones neoplásicas ,atelectasia, consolidaciones, se hace reclutamiento por parte de anestesia con peep de 5 4. Disección y cinchamiento de las cavas superior e inferior y no cerrarlas, con cintas umbilicales. 5. Disección de la arteria pulmonar 6. Realizar Jareta sobre el tronco de la arteria pulmonar a una distancia intermedia entre el origen y la bifurcación, con prolene del 3/0, 4/0 doble armada, hacer dos jaretas, utilizar pasadores arteriales. 7. Si se va a procurar corazón se hace la jareta con 3/0, 4/0 doble armada sobre la aorta y se conecta el custodial 8. Pasar 400 mil unidades por KG de peso de heparina previa a la canulación de la pulmonar. 9. Utilizar cánula (diámetro 8Fr) para la arteria pulmonar y conectar la solución de perfadex (60 ml por Kg e peso) 10. Cerramos las venas cavas con la cinta umbilical 11. Clampear la aorta si sólo se procura pulmón, se pasan de manera simultáneos si se procuran corazón y pulmón. 12. Pasar la prostaglandina diluida en 10ml sobre la pulmonar. (menos de un minuto) previo al pinzamiento aórtico 13. Corte de la aurícula izquierda e inicio del perfadex 6000ml , 3000 anterógrado y 3000 retrógrado por las pulmonares. 14. Incorporar hielo a la cavidad. 15. Dividir la vena cava inferior con márgenes amplios 16. Asegurarse del arresto cardiaco, así como perfusión uniforme de los pulmones (10-15 minutos) 17. Cardiectomía una vez terminada la cardioplejia y neumoplejia 18. Dividir la vena cava superior , cuidar la arteria pulmonar derecha. 19. Dividir la vena cava inferior, teniendo especial cuidado con la vena pulmonar inferior derecha 20. Retraer el corazón de forma caudal, se inicia el corte sobre la aurícula izquierda, en porción media de los aurícula. 21. cuidar la pulmonar y 1cm de rodete atrial adecuado. 22. Despinzar la aorta y cortamos la aorta ascendente y arteria pulmonar. Extracción pulmonar 23. Para extraer los pulmones, localizamos el ángulo costofrénico, anterior al esófago y disección anterior a la tráquea.(la disección es manual) 24. Se le pide al anestesiólogo realizar ventilación , se corrobora que no tenga áreas de atelectasia y se corta con engrapadora TA 30mm.			
Cirugía de Banco	1. Una vez extraído el bloque bipulmonar, se realiza la perfusión retrógrada, insertando una cánula a cada una de las venas pulmonares hasta que no tengamos coágulos y salga claro por la arteria pulmonar. 2. Se divide la arteria pulmonar a nivel de la bifurcación, se sigue una línea blanca punteada. 3. La aurícula izquierda está en la línea media. 4. Se prepara el injerto, de cara al implante se liberan las estructuras vasculares de las adherencias del pericardio, se logra visualizar la arteria arriba, bronquio y vena abajo.			

Fase	Evaluar	Check	Tiempo inicio	Tiempo de finalización
Cirugía de Banco	- Una vez extraído el bloque bipulmonar, se realiza la perfusión retrógrada, insertando una cánula a cada una de las venas pulmonares hasta que no tengamos coágulos y salga claro por la arteria pulmonar. - Se divide la arteria pulmonar a nivel de la bifurcación, se sigue una línea blanca punteada. - La aurícula izquierda está en la línea media. - Se prepara el injerto, de cara al implante se liberan las estructuras vasculares de las adherencias del pericardio, se logra visualizar la arteria arriba, bronquio y vena abajo. - El bronquio debe ser seccionado a un anillo de la carina lobar. - Se engrapa y corta el bronquio principal izquierdo cerca de la carina con grapeo mecánico 30, 45 mm - Se hace el embalaje en tres bolsas. - La primera es con el perfadex que se realizó la limpieza retrógrada de las venas pulmonares, se sella con cinta umbilical, la segunda es con solución salina fría, la tercera con solución salina fría. - Se introducen en cada respectiva hilera. - Son transportados a 4C			
Tiempo de isquemia	Se cuenta desde el pinzamiento aórtico (6 horas) 1 y media hora mínimo en solución con perfadex para trasplantar			
Implante	- Posición del paciente (trasplante bilateral con los brazos hacia afuera, con dos bultos uno en el tórax y otro en las rodillas, piernas en abducción, con las ingles expuestas por canulación periférica. - En caso de los puercos(colocar un bulto a nivel del tórax para mejor exposición del corazón. - Se realiza incisión clam Shell toracotomía anterior bilateral a nivel del 4to espacio. - Ligar las mamas con seda del 3/0 sutupak al seccionar el esternón de manera transversal - Se abre el pericardio y se fija con seda del cero , de tres a cuatro puntos de manera circunferencial - Se realiza jareta con 3/0 o 4/0 doble armada, dos jaretas, se utilizan pasadores arteriales, se pinzan con Kelly protegidas. - Se realiza pinzamiento de la aurícula derecha con pinza cooley C, se realiza doble jareta con 3/0 y 4/0, - Se puede utilizar cánulas EOPA 18 Fr aórtica y venosa de 32 Fr. - Se pasan 400 U /Kg de peso antes de canular. - Una vez introducida las cánulas, conectamos la arterial, colocamos dos fijaciones con seda del cero, cuidar que no tenga burbujas, continuar pinzada, luego colocamos la cánula venosa por la aurícula derecha, se fijan con dos sedas sueltas a los pasadores de las kellys, se suelta la venosa y luego la arterial y estamos en ECMO. - Se inicia el ECMO a un flujo del 50% de gasto cardíaco,y se va ajustando según gasometría, checar el pulso de la arteria pulmonar siempre, , la arteria pulmonar deberá ser por debajo de 40 mmhg, y Co₂te alrededor de 20 mmhg - Se realiza Neumonectomía izquierda, realizando el corte arterial lo mas distal al tronco, así mismo el corte venoso y bronquial, con engrapadora 35, 45 mm - Se prepara el pulmón donador(se corta justo arriba de la carina secundaria del pulmón donante, igual forma con el receptor.			

Fase	Evaluar	Check	Tiempo de inicio	Tiempo de finalización
Implante	14. Durante la apertura del bronquio pasar isodine en la punta y no aspirar la sangre con el recuperador celular. 15. Se realiza anastomosis bronquial con PDS de 4/0 doble armada, de 90cm. 16. Se realiza anastomosis de la porción venosa con prolene 5/0, 4/0, doble armada, sutura continua (no se cierra) 17. Se realiza anastomosis de la arteria pulmonar con prolene del 4/0, 5/0 doble armada vascular. (no se cierra) 18. Venteo retrógrado con el ECMO, con flujo de 1 litro. 19. Se abre el clamp de la arteria pulmonar y sale por la venosa, para cerrar las anastomosis 20. Verificar hemostasia del ligamento pulmonar y de la parte del pericardio. 21. Corroborar hemostasia en la porción posterior del hilio izquierdo. 22. Al terminar el implante del segundo pulmón , se reduce el flujo 1 lts, preparar para circulación del ECMO por 10 min, si no tolera salir con canulación periférica. 23. No se cierra pericardio 24. Se colocan dos sondas anterior y posterior se fijan con seda del cero puntos de sarnoff , se conectan a succión. 25. Para decanular, que tolerar la recirculación por 10 min, valoramos por datos gasométricos.			

Rúbrica para el lector de simulación de trasplante pulmonar paso a paso				
Fase	Evaluar	Check	Tiempo de inicio	Tiempo de finalización
Anestesia	– Checklist el día previo – Preparar la mesa – Pedir el cerdito – Posición del puerco en decúbito prono o supino – Intubación con sonda endobronquial – Colocación de líneas – Cobertura antibiótica – Modificar el ventilador a FiO₂ al 50%, PEEP 5 – Tomar gasometría – Broncoscopia y tomar lavados – Metilprednisolona 100 mg			
Procuración	– Esternotomía media en puercos tipo Clamshell en humanos, con sierra vertical – Fijación pericárdica con seda del 0 o 1 – Evaluación de los pulmonares y descarte de lesiones neoplásicas, atelectasia, consolidaciones, se hace reclutamiento por parte de anestesia con PEEP de 5 – Disección y cinchamiento de las cavas superior e inferior y no cerrarlas, con cintas umbilicales – Disección de la arteria pulmonar – Realizar jareta sobre el tronco de la arteria pulmonar a una distancia intermedia entre el origen y la bifurcación, con Prolene del 3/0, 4/0 doble armada, hacer dos jaretas, utilizar pasadores arteriales			

Rúbrica para el lector de simulación de trasplante pulmonar paso a paso (continuación)				
Fase	Evaluar	Check	Tiempo de inicio	Tiempo de finalización
Procuración	– Si se va a procurar corazón, se hace la jareta con 3/0, 4/0 doble armada sobre la aorta y se conecta el Custodiol – Pasar 400,000 unidades por kilo de peso de heparina previa a la canulación de la pulmonar – Utilizar cánula (diámetro 8 Fr) para la arteria pulmonar y conectar la solución de Perfadex (60 ml/kg de peso) – Cerrar las venas cavas con la cinta umbilical – Clampear la aorta si sólo se procura pulmón; se pasan de manera simultánea si se procuran corazón y pulmón – Pasar la prostaglandina diluida en 10 ml sobre la pulmonar (menos de 1 min) previo al pinzamiento aórtico – Corte de la aurícula izquierda e inicio del Perfadex 6,000 ml, 3,000 anterógrado y 3,000 retrógrado, por las pulmonares – Incorporar hielo a la cavidad – Dividir la vena cava inferior con márgenes amplios – Asegurarse del arresto cardíaco, así como perfusión uniforme de los pulmones (10-15 min) – Cardiectomía una vez terminada la cardioplejia y neumoplejia – Dividir la vena cava superior, cuidar la arteria pulmonar derecha – Dividir la vena cava inferior, teniendo especial cuidado con la vena pulmonar inferior derecha – Retraer el corazón de forma caudal, se inicia el corte sobre la aurícula izquierda, en porción media de los aurícula – Cuidar la pulmonar y 1 cm de rodete atrial adecuado – Despinzar la aorta y cortar la aorta ascendente y arteria pulmonar. Extracción pulmonar – Para extraer los pulmones, localizar el ángulo costofrénico, anterior al esófago, y disección anterior a la tráquea (la disección es manual) – Se pide al anestesiólogo realizar ventilación, se corrobora que no tenga áreas de atelectasia y se corta con engrapadora TA 30 mm			
Cirugía de banco	– Una vez extraído el bloque bipulmonar, realizar la perfusión retrógrada, insertando una cánula a cada una de las venas pulmonares hasta que no tengamos coágulos y salga claro por la arteria pulmonar – Dividir la arteria pulmonar a nivel de la bifurcación; se sigue una línea blanca punteada – La aurícula izquierda está en la línea media – Preparar el injerto: de cara al implante, liberar las estructuras vasculares de las adherencias del pericardio; así se logra visualizar la arteria arriba, bronquio y vena abajo – El bronquio debe ser seccionado a un anillo de la carina lobar – Engrapar y cortar el bronquio principal izquierdo cerca de la carina con grapeo mecánico 30, 45 mm			

(Continúa)

Rúbrica para el lector de simulación de trasplante pulmonar paso a paso (continuación)

Fase	Evaluar	Check	Tiempo de inicio	Tiempo de finalización
Cirugía de banco	- Hacer el embalaje en tres bolsas - La primera es con el Perfadex con que se realizó la limpieza retrógrada de las venas pulmonares; sellar con cinta umbilical. La segunda es con solución salina fría. Y la tercera con solución salina fría - Se introducen en cada respectiva hilera. - Transportar a 4 °C			
Tiempo de isquemia	- Se cuenta desde el pinzamiento aórtico (6 h) 1 h y 30 min mínimo en solución con Perfadex para trasplantar			
Implante	- Posición del paciente (trasplante bilateral con los brazos hacia fuera, con dos bultos (uno en el tórax y otro en las rodillas), piernas en abducción, con las ingles expuestas por canulación periférica - En caso de los puercos, colocar un bulto a nivel del tórax para mejor exposición del corazón - Realizar incisión Clamshell toracotomía anterior bilateral a nivel del 4.º espacio - Ligar las mamas con seda del 3/0 Sutupak al seccionar el esternón de manera transversal - Abrir el pericardio y fijar con seda del 0, de tres a cuatro puntos de manera circunferencial - Realizar jareta con 3/0 o 4/0 doble armada, dos jaretas, utilizar pasadores arteriales, pinzar con Kelly protegidas - Realizar pinzamiento de la aurícula derecha con pinza Cooley en C; realizar doble jareta con 3/0 y 4/0 - Se pueden utilizar cánulas EOPA de 18 Fr aórtica y venosa de 32 Fr - Pasar 400 U/kg de peso antes de canular - Una vez introducida las cánulas, conectar la arterial, colocar dos fijaciones con seda del 0, cuidar que no tenga burbujas y continuar pinzada; luego, colocar la cánula venosa por la aurícula derecha, fijar con dos sedas sueltas a los pasadores de las Kelly, se soltar la venosa y luego la arterial, y ya se está en ECMO - Iniciar la ECMO a un flujo del 50% de gasto cardíaco y ajustar según gasometría, checar el pulso de la arteria pulmonar siempre; la arteria pulmonar deberá estar por debajo de 40 mmHg y EtCO₂ alrededor de 20 mmHg - Realizar neumonectomía izquierda, realizando el corte arterial lo más distal al tronco; así mismo el corte venoso y bronquial, con engrapadora 35, 45 mm - Preparar el pulmón donador (se corta justo arriba de la carina secundaria del pulmón donante, igual forma con el receptor) - Durante la apertura del bronquio, pasar Isodine en la punta y no aspirar la sangre con el recuperador celular - Realizar anastomosis bronquial con PDS de 4/0 doble armada, de 90 cm			

(Continúa)

Rúbrica para el lector de simulación de trasplante pulmonar paso a paso (continuación)				
Fase	Evaluar	Check	Tiempo de inicio	Tiempo de finalización
Implante	– Realizar anastomosis de la porción venosa con Prolene 5/0, 4/0, doble armada, sutura continua (no se cierra) – Realizar anastomosis de la arteria pulmonar con Prolene del 4/0, 5/0 doble armada vascular (no se cierra) – Venteo retrógrado con la ECMO, con flujo de 1 l – Abrir el <i>clamp</i> de la arteria pulmonar y salir por la venosa, para cerrar las anastomosis – Verificar hemostasia del ligamento pulmonar y de la parte del pericardio – Corroborar hemostasia en la porción posterior del hilio izquierdo – Al terminar el implante del segundo pulmón, reducir el flujo 1 l, preparar para circulación de la ECMO por 10 min; si no tolera, salir con canulación periférica – No cerrar el pericardio – Colocar dos sondas anterior y posterior, que se fijan con seda del 0 y puntos de Sarnoff; se conectan a succión – Para decanular, que tolera la recirculación por 10 min, valorar por datos gasométricos			

QR SIMULACIÓN DE TP

Vídeo donador



Vídeo receptor



Simulación en trauma de tórax

Juan Carlos Vázquez Minero, Mario Castillo Jiménez,
Jaime Lucero Rivero y Andrea Alvarado Luna

PRINCIPIOS EDUCATIVOS DE LA SIMULACIÓN EN TRAUMA TORÁCICO

El trauma torácico permanece como uno de los problemas médicos más importantes en el mundo. La mayoría de los casos se generan a partir de accidentes automovilísticos y caídas. La incidencia actual está relacionada principalmente con las heridas penetrantes que se producen como consecuencia del aumento de la violencia, provocada por el tráfico de drogas y las disputas territoriales. La mortalidad por trauma torácico en el hospital con lesiones penetrantes es del 21.5%.

La manera tradicional de enseñar el manejo del trauma torácico, que ha persistido durante muchos años y en muchas escuelas quirúrgicas de nuestro país, es la que se deriva de la observación del ejercicio profesional del docente y posteriormente la ejecución repetitiva de procesos o procedimientos quirúrgicos sobre los pacientes. Esto, evidentemente, con los riesgos que esto significa en los pacientes. Y de esto se deriva el primer concepto de aprendizaje tradicional, que es que, mientras más procedimientos se realicen, más experiencia profesional se adquiere.

El escenario sobre el cual se presenta el paciente de trauma torácico es muy diverso, con puntos de evaluación y manejo diferentes, los cuales parten desde los protocolos iniciales de evaluación y resolución de problemas, en el lugar del accidente o agresión, el arribo y el manejo inicial, y procedimientos de urgencia en sala de reanimación (sala de choque) de situaciones que ponen en riesgo la vida de manera inmediata, hasta la realización de una cirugía con grados variables de complejidad. Esto hace que, al hablar de principios educativos y creación de escenarios de simulación, sea un tema extenso y muy variable. En él pueden participar personal prehospitalario de diferentes niveles de capacitación, médicos de urgencia, cirujanos generales, neumólogos, intensivistas, cirujanos cardiovasculares y cirujanos torácicos.

Para educar con simulación en medicina es necesario entender que tratamos con adultos, los cuales tienen motivaciones particulares en los temas que desean aprender. En 1984, Knowles describe el término *andragogía*, que se refiere a los procesos de enseñanza sobre los adultos, destacando seis puntos importantes:

- El adulto necesita conocer el motivo de su aprendizaje.
- El adulto quiere ser responsable de la planeación de su aprendizaje.
- Las experiencias previas son la base del aprendizaje del adulto.
- El adulto debe ver un resultado rápido de su aprendizaje.
- El aprendizaje del adulto debe ser para la resolución de problemas reales.

- Los adultos se encuentran más motivados a aprender respondiendo a motivaciones internas.

Es importante que, para ello, el docente cree los siguientes puntos: un clima cooperativo del aprendizaje, tener una planeación mutua entre docente y alumno, hacer una evaluación de las necesidades de aprendizaje, tener objetivos claros de aprendizaje según estas necesidades y seleccionar los materiales necesarios para cumplir dichos objetivos; en este caso, los escenarios necesarios de acuerdo a cada objetivo de aprendizaje¹. Todos estos puntos de la andragogía son aplicables a la simulación como herramienta de aprendizaje en la enseñanza del manejo del trauma torácico.

La necesidad nace de la realidad de que muchos programas no ven a pacientes de trauma torácico agudo de manera cotidiana; muchos sólo se basan en el aprendizaje de cursos estructurados para el manejo avanzado inicial de estos pacientes, sin tomar en cuenta los escenarios que se pueden presentar y en donde la simulación tiene utilidad.

Los primeros cursos que se dieron tanto hospitalarios como al personal prehospitalario se basan en modelos conductistas, en donde el alumno aprende rutinas estructuradas para llegar a diagnósticos y manejos; y donde se tiene un proceso de evaluación de aprobado o no aprobado, sin posibilidad de repetición ni una retroalimentación. Estos cursos por décadas han sido la punta de lanza de la enseñanza del trauma, pero no se pueden considerar un modelo educativo que permita los errores y tenga una retroalimentación.

En la simulación, en cambio, existen los simuladores de habilidades técnicas y no técnicas, así como diferentes grados de fidelidad, la cual se define como el grado de aproximación de la simulación a la realidad independientemente del grado tecnológico demandado. El grado de realismo depende del entorno, los equipos y la percepción del participante. De esto se derivan simuladores de baja, intermedia o alta fidelidad. Todo ello para fortalecer todos estos procesos de aprendizaje y los diferentes escenarios y grados de complejidad a los cuales se enfrentará el profesional de la salud en su vida cotidiana². La simulación no sustituye los procesos de enseñanza y aprendizaje tradicional o la participación del docente en dicho proceso, más bien los complementa, y permite escenarios controlados y seguros para el alumno en donde el error no causa un daño a un paciente, destacando que en el trauma torácico la toma de decisiones y muchas habilidades y destrezas marcan la diferencia entre la vida y la muerte de un paciente o bien la presentación de complicaciones graves y a largo plazo². La simulación en el proceso de enseñanza permite al alumno y al docente tener un análisis de su práctica y un proceso de retroalimentación denominado *feedback* inmediato. Este proceso de reconocer lo que el alumno sabe de lo que le falta aprender es muy importante, y en la simulación es posible hacerlo de manera segura y reproducible para otros alumnos.

Existen diferentes teorías del aprendizaje que, a lo largo de los años, han ido explicando y describiendo diferentes enfoques del proceso de enseñanza-aprendizaje. A continuación describimos las más importantes y cómo ayudan en la simulación.

La teoría conductista del aprendizaje es una de las primeras que fueron descritas. Se basa en el concepto de que el alumno responde a un estímulo y aprende de las repeticiones y los errores. Fue descrita por varios autores: Pavlov, Watson y Skinner. Ellos describieron diferentes formas de ver el conductismo, pero como su nombre indica, es la manera de formar una conducta específica ante un estímulo dado. Esta teoría es útil durante la simulación al crear escenarios específicos en donde el alumno debe de tener una acción específica; esto, muy ejemplificado, en la simulación de la evaluación inicial o secundaria de un paciente de trauma torácico tanto en la parte prehospitalaria

como en la hospitalaria². El cognoscitivismo es una teoría del aprendizaje en donde el alumno aprende de las experiencias y conocimientos previos. Este principio fue descrito por Piaget y Vigotsky, quienes complementan el aprendizaje con experiencia, reflexión, conceptualización y acción. Y todos estos aspectos, en la enseñanza del trauma torácico con simulación, los logramos al crear escenarios que reproduzcan una situación clínica en particular que posibilite al alumno repetirla varias veces hasta dominarla, tratando de que el alumno tenga conceptos específicos². En el modelo constructivista, descrito por Kant, el alumno va construyendo sus propios conocimientos a través de la experiencia. Este modelo ayuda mucho la utilidad de la simulación como herramienta de aprendizaje de nuevos conocimientos y su reforzamiento. El alumno construye a través de la simulación sus propios conocimientos². Otra corriente es el aprendizaje significativo descrito por Ausubel, el cual es muy útil en la enseñanza de los adultos o andragogía, en donde el conocimiento o habilidad a enseñar tiene que tener una importancia en la vida del alumno y éste verle una utilidad inmediata. Por lo tanto, los escenarios más cercanos a la realidad donde su significado tenga una aplicación en la vida profesional son extremadamente útiles². Todo el conocimiento que un ser humano adquiere está dividido en tres esferas: declarativa (dominio conceptual), procedimental (habilidades prácticas) y condicional (el cual se realiza en circunstancias especiales)³. Uno de los autores que más se ha enfocado en el proceso de aprendizaje durante la simulación es Kolb, quien describe el aprendizaje experiencial y en el describe cuatro principios: tener una experiencia concreta, observación y reflexión, comprobación de las implicaciones de los conceptos de las nuevas situaciones, y formación de conceptos abstractos y generalizaciones. Estos puntos son un continuo de un ciclo mental. El tener situaciones concretas cerradas en escenarios donde los objetivos son muy puntuales es muy importante⁴. Las diferentes etapas de la simulación y en especial el proceso de *feedback* se basan en la teoría descrita por Kolb. El proceso de *feedback* presenta diferentes fases para llevarlo a cabo de manera adecuada:

- Fase de emociones: expresión emocional de lo vivido en el escenario. ¿Cómo te sentiste?
- Fase de hechos: reconocimiento de lo que se vivió en el escenario. ¿Qué hiciste bien en el escenario? ¿Qué hubieras hecho diferente?
- Fase de conceptualización: indagación y evocación de la simulación para conocer los esquemas mentales o puntos de vista de los participantes durante el escenario. Los participantes exploran, analizan y reflexionan sus acciones y procesos del pensamiento, otra información para mejorar su rendimiento en situaciones reales. ¿Qué hubieras hecho diferente?
- Fase de conclusión y cierre: con la finalidad de ayudar a los estudiantes sobre el desempeño que tuvieron, como ventanas de oportunidad para mejorar sus habilidades, seguidas del cierre de la sesión^{2,4}. La simulación se ha convertido en la actualidad en una gran herramienta de aprendizaje que refuerza los conocimientos teóricos, habilidades y destrezas, y actitudes.

SIMULACIÓN Y MODELOS BÁSICOS PREHOSPITALARIOS

En el ámbito prehospitalario se requieren procesos educativos en donde el alumno tenga la posibilidad de equivocarse y realizar los escenarios las veces que sea necesario, con el fin de dominar las habilidades y destrezas, y reforzar los conocimientos. Existen diferentes escenarios, los cuales se describen a continuación.



Figura 1. Preparación del modelo.



Figura 2. Evaluación inicial.

130

Uso del sello de tórax

- Objetivo: Aplicación de un sello de tórax en herida abierta de tórax.
- Equipo: maniquí o persona para simular un paciente y un sello de tórax (Fig. 1).
- Evaluación: verificar la capacidad del estudiante para el manejo del trauma penetrante de tórax mediante la observación de la técnica del estudiante en la aplicación del sello de tórax.
- Pasos del desempeño:
 - Preparar el equipo.
 - Exponer la lesión abriendo o cortando la ropa.
 - Verificar la herida penetrante en el tórax.
 - Aplicar el sello de tórax para cubrir la herida (Fig. 2).

Se realizará esta práctica utilizando al modelo simulado las veces que sea necesario, haciendo un *debriefing* con los alumnos⁵.

TRAUMATISMO PENETRANTE POR APUÑALAMIENTO

- Objetivo: paciente masculino agredido que requiere manejo de la vía aérea, estado de choque y transporte rápido.
- Equipo:
 - Maquillaje, sangre artificial, heridas y cuchillo.
 - Maniquí o persona.



Figura 3. Evaluación.



Figura 4. Control de la hemorragia.

- Evaluación:
 - El alumno deberá identificar las amenazas y prioridades del paciente (Fig. 3).
 - Control de la vía aérea y hemorragia.
- Pasos del desempeño:
 - Identificar el estado clínico del paciente y ubicar la lesión (evaluación primaria y del trauma).
 - Manejo de la vía aérea y hemorragia.
 - Evaluación secundaria (signos vitales, signos y síntomas, alergias, medicamentos, historial médico anterior, última ingesta oral, eventos que causaron el incidente, factores de riesgo).
 - Transporte destino.
- Criterios fundamentales o críticos:
 - Intubación de secuencia rápida si está dentro del ámbito de la práctica.
 - Proporcionar asistencia con las ventilaciones con oxígeno de alto flujo.
 - Controlar la hemorragia de las heridas (Fig. 4).
 - Establecer una vía intravenosa para una presión arterial sistólica de 90 mmHg⁵.

Herida torácica abierta

- Objetivos:
 - Paciente con herida por arma punzocortante abierta.
 - Manejo de la vía aérea y choque.
- Equipo: maquillaje y sangre artificial.
- Evaluación: revisión de antecedentes del escenario y del paciente.



Figura 5. Evaluación.



Figura 6. Atención del sangrado.

- Pasos del desempeño:
 - Evaluación primaria y del trauma (Fig. 5).
 - Manejo de vía la aérea y sangrado (Fig. 6).
 - Evaluación secundaria (signos vitales, signos y síntomas, alergias, medicamentos, historial médico anterior, última ingesta oral, eventos que causaron el incidente, factores de riesgo). Transporte destino.
- Criterios fundamentales o críticos:
 - Oxígeno suplementario de alto flujo a través de una mascarilla reservorio.
 - Apósitos oclusivos para la herida.
 - Transporte rápido.
 - Vía intravenosa en el camino.
 - Uso de una ambulancia⁶.

SIMULACIÓN Y MODELOS AVANZADOS PREHOSPITALARIOS

Descompresión con aguja

- Objetivo: descompresión con aguja en el neumotórax a tensión.
- Equipo:
 - Simulador de descompresión con aguja.
 - Aguja o catéter de calibre 10 a 16.
 - Cinta adhesiva.
- Evaluación: realizar descompresión con aguja en un maniquí.
- Pasos del desempeño:
 - Preparación del equipo.
 - Se expresa la dificultad respiratoria progresiva del paciente, la ausencia o disminución de los sonidos respiratorios unilaterales y el *shock* descompensado.
 - La aguja para el procedimiento.

- Realiza punción entre la cuarta y la quinta costilla, y escucha salida de aire.
- Fija el catéter en la pared torácica con cinta adhesiva.
- Detecta presencia de ruidos respiratorio.
- Criterios fundamentales o críticos:
 - Reconoció la dificultad respiratoria progresiva, los sonidos respiratorios ausentes o disminuidos unilaterales, y el *shock* descompensado.
 - Se descomprimió con aguja en los puntos de referencia⁷.

Herida torácica perforante

- Objetivo: manejo de herida perforante en tórax.
- Equipo:
 - Kit de heridas para simular una lesión.
 - Sangre líquida simulada para el sangrado de la herida.
- Evaluación: hombre con herida de arma de fuego con entrada anterior y salida posterior. Requiere evaluación, manejo y transporte.
- Pasos del rendimiento:
 - Mover a una posición totalmente segura.
 - Detener la hemorragia externa que ponga en peligro la vida.
 - Considerar colocar al paciente en una posición que proteja su vía aérea.
- Criterios fundamentales o críticos:
 - Manejo de la vía aérea (intubación).
 - Manejo del estado de choque⁶.

133

Herida torácica abierta con fractura costal

- Objetivo: paciente que se lesionó mientras jugaba; el paciente sufrió una fractura de costillas con un neumotórax a tensión.
- Equipo: kit de heridas, maquillaje y sangre líquida.
- Evaluación: paciente que se encontraba en un partido de fútbol. Los llaman para atender a un jugador lesionado en el centro de la cancha, el cual está con hombreras deportivas y un casco a un costado. Otro jugador lo golpeó en el pecho. El paciente refiere que el golpe le quitó el aire y no puede recuperar el aliento, junto con un dolor agudo cada vez que respira.
- Pasos de desempeño:
 - Identificar el estado clínico del paciente: evaluación primaria y del trauma.
 - Manejo de la vía aérea, estado de choque (Fig. 7).
 - Evaluación secundaria (signos vitales, signos y síntomas, alergias, medicamentos, historial médico anterior, última ingesta oral, eventos que causaron el incidente, factores de riesgo).
 - Transporte destino.
- Criterios fundamentales o críticos:
 - Oxígeno suplementario.
 - Transporte rápido.
 - Colocación de vía intravenosa⁷.

SIMULADORES AVANZADOS HOSPITALARIOS

En la formación médica se utilizan simuladores de baja, media y alta fidelidad para entrenar a los estudiantes en procedimientos médicos, manejo de pacientes y toma de



Figura 7. Control de la hemorragia.

decisiones. Evidentemente, esta simulación ha tenido avances gigantescos: hemos pasado de los ruidos cardíacos grabados en casetes y modelos de plastilina a simuladores de IA en 3D o realidad virtual

134

Considerando entonces la división inicial de los simuladores, comprendemos que los de alta fidelidad cuentan con cobertura anatómica y flexibilidad funcional para representar a un paciente analógico real, y los de baja fidelidad cuentan con pocos detalles, por lo que representan con menor similitud la tarea a desarrollar. El trauma torácico es un campo específico donde la simulación debe seguir ciertas normas para que la práctica sea lo más auténtica posible, considerando detalles relevantes para llevar al paciente a un estado de shock o a la resolución de la enfermedad dependiendo de la respuesta del participante.

La simulación avanzada tiene la capacidad de potenciar tanto las habilidades blandas como las habilidades técnicas. Finalmente, se pueden desarrollar investigaciones realizadas en este campo, opiniones de expertos y posibles opciones para el futuro^{8,9}.

Los métodos de simulación, de alta fidelidad y baja fidelidad, tienen una característica: ayudar a la enseñanza-aprendizaje con la interacción con el objeto de estudio. Esta interacción sirve para fomentar, preservar y mejorar un conjunto específico de actividades, sean estas prácticas o teóricas¹⁰ (Figs. 8 y 9).

Simuladores de alta fidelidad

La simulación clínica puede definirse como la reproducción de la vida real para la formación, el entrenamiento y la evaluación técnica, partiendo de la creación de la experiencia. Permite la práctica repetida para generar confianza. Gracias a la práctica continua, consigue que la técnica pueda mantenerse precisa.

El entrenamiento inicial con lesiones penetrantes o contusas sigue siendo un tema difícil y delicado de realizar en humanos, lo que fomenta la creación de simuladores para salvar estas limitaciones durante el entrenamiento. La innovación es una herramienta para superar la falta de simuladores de alta fidelidad.



Figura 8. Medios controlados que simulan situaciones reales.



Figura 9. Habilidades blandas.

En contraste con los simuladores de alta fidelidad, los de baja fidelidad presentan elementos visuales y táctiles con un nivel considerablemente menor. Se centran en aspectos parciales, anatomía específica o el desarrollo de habilidades concretas. Quizás el único segmento dentro de la simulación creativa y de bajo costo que se aproxima al denominado nivel de alta fidelidad sea el dedicado a técnicas invasivas. En la cirugía de tórax, se han diseñado desde costillas con la triangulación anatómica adecuada para el entrenamiento en toracotomías penetrantes, hasta soportes y estructuras capaces de conformar el volumen torácico idóneo para prácticas de heridas por arma de fuego y arma blanca.

Diseño de simuladores para trauma torácico

Los simuladores para trauma torácico requieren una configuración específica para representar adecuadamente la lesión y reproducir la técnica correspondiente. Entre los aspectos de configuración destacan las siguientes características:

- Alta o baja fidelidad.
- Realismo.
- Protocolos de entrenamiento.

- Rotación aleatoria de escenarios.
- Evaluación del desempeño a través de videograbación de la simulación.

La simulación avanzada del trauma torácico con heridas penetrantes o contusas contribuye a mejorar las habilidades y criterios, incrementa la confianza, contribuye a la comunicación y la cooperación en equipo, optimiza los procesos clínicos y de comunicación, y ayuda a coordinar el manejo del paciente.

Metodología de entrenamiento

La metodología de entrenamiento en cirugía torácica alcanza su punto máximo con simuladores de alta fidelidad específicamente diseñados para tareas altamente complejas como terapéuticas, como la reparación de herida de daño cardíaco, o la simulación de líquido pericárdico por trauma penetrante.

El desempeño individual y grupal en un simulador de alta fidelidad puede ser el resultado de la ejecución de una serie de protocolos que responden a una metodología que se centra en la definición de tareas y resultados objetivo a alcanzar. Se lleva a cabo una aplicación sistemática y repetitiva en cada una de las tareas requeridas al siguiente nivel de dificultad, las cuales pueden también estar integradas en protocolos de escenarios. La evaluación del desempeño individual y grupal se efectúa de forma objetiva mediante la definición de resultados medidos durante la práctica, con la finalidad de determinar si el procedimiento fue ejecutado dentro del tiempo establecido, con los pasos adecuados y sin errores riesgosos. El entrenamiento se repite de forma sistemática utilizando para cada ciclo la retroalimentación generada para facilitar el análisis y la discusión, así como la priorización de las áreas de oportunidad.

Protocolos de simulación

En la simulación de perforaciones torácicas se crean heridas con características propias y se reacciona ante la actuación del estudiante introduciendo parámetros vitales (frecuencia cardíaca, tipo de sangrado), que varían en función del manejo. El entrenamiento se basa en el protocolo vigente y está enfocado a la atención inicial de lesiones penetrantes del tórax. Se trata de una actividad supervisada por un experto que se basa en la observación directa y objetiva, sustentada por listas de control para la valoración final. Esto también se ha aplicado en el abordaje inicial de un trauma contuso en el tórax; sin embargo, la implantación de esta técnica, aunque resulta evidente en su utilidad, no es tan común como se desearía debido a su elevado costo y a la falta de aceptación por parte del personal médico.

Evaluación del desempeño

La simulación permite evaluar aspectos técnicos y no técnicos (comunicación, trabajo en equipo, gestión del estrés) en un entorno casi real, mejorando el aprendizaje y facilitando una buena formación para enfrentarse a situaciones en un entorno real. Los estudios demuestran el gran valor de la simulación para la enseñanza en medicina¹¹. La simulación en el manejo de lesiones torácicas causadas por heridas penetrantes o contusas representa una manera de mejorar el rendimiento en este tipo de lesión. Tras realizar dicha simulación, se recopilan los registros de evaluación para analizar y valorar el resultado.

Por tanto, es posible estudiar la utilidad de la simulación y el aprendizaje para mejorar el manejo de este tipo de pacientes.

Aplicaciones clínicas

La simulación avanzada, que incluye la fidelidad anatómica, los escenarios realistas y la práctica con un instructor, representa una poderosa herramienta de educación que valora tanto las habilidades técnicas como las blandas. Los simuladores ofertados para la adquisición de destrezas básicas ofrecen una aproximación poco realista a la complejidad del manejo de lesiones penetrantes y contusas del tórax. La vivencia de experiencias concretas en escenarios simulados, que presentan distintas lesiones torácicas, genera un aumento significativo en la destreza y el nivel de confianza del equipo de salud.

El desarrollo de un simulador avanzado de trauma torácico incluye la consideración de aspectos anatómicos, fisiológicos, patológicos y técnicos. El modelo creado permite la práctica de la toracotomía anterolateral y de procedimientos de reparación de lesiones tanto penetrantes como contusas, a la vez que contribuye a la comprensión del manejo de emergencias de baja incidencia, pero de consecuencias graves. La metodología de entrenamiento, junto con la aplicación clínica y los resultados derivados de su utilización, acreditan la pertinencia y funcionalidad de esta experiencia docente.

Manejo de lesiones penetrantes

Las técnicas de simulación se usan en la medicina principalmente para el desarrollo de la competencia clínica y otros procedimientos relacionados, como la administración de la atención al paciente o el entrenamiento en equipo. Tiene la capacidad de avanzar rápidamente y con la precisión adecuada a fases posteriores de esta curva de aprendizaje. La simulación de alta fidelidad aborda aspectos complejos del trauma que van más allá de la competencia clínica pública de base, que se utilizan para la gestión de daños en pacientes que sufren lesiones traumáticas agudas y los escenarios en los que el tiempo es crítico.

En la trayectoria clínica de los pacientes con trauma torácico, las heridas penetrantes cuentan con las tasas de mortalidad más altas, de un 13-50%. El recurso correcto en manos experimentadas en el momento apropiado es el único factor que puede mejorar estos resultados. El entrenamiento basado en simulación permite a los cirujanos mejorar sus habilidades y fomentar un nivel de confianza necesario para el manejo exitoso de las lesiones cardiovasculares y torácicas. La escasez de simuladores avanzados de tórax y de sistemas de flujo simulado, que faciliten de verdad la gestión de lesiones reales, es un obstáculo importante.

Manejo de lesiones contusas

La simulación clínica ha demostrado su eficacia en la mejora de los resultados de las intervenciones ejecutadas con el paciente. Aunque no se trata de un guiado paso a paso, sí incrementa la eficacia general del proceso internamente, similar a los protocolos para intervenciones específicas. Además, la realización de simulaciones permite evaluar varios aspectos de las intervenciones, tanto aspectos técnicos en el momento operatorio como aspectos no técnicos bajo circunstancias muy exigentes, como las de la cirugía de guerra.

En este sentido, del mismo modo que la simulación para lesiones penetrantes ha demostrado ser útil para mejorar el entrenamiento del manejo inicial de las urgencias torácicas y el control de daños, también el entrenamiento para lesiones contusas ha probado ser determinante para lograr mejores resultados. La simulación ayuda a desarrollar habilidades técnicas y también para pacientes reales, ya sean militares o civiles. De hecho, la expansión y el empleo de la simulación pueden ayudar a estudiar y reducir la alta incidencia de mortalidad que se observa en casos con lesiones contusas. La aplicación de procedimientos complejos para lesiones contusas y otros protocolos técnicos de cirugía de guerra se benefician del uso de simuladores avanzados de sangre y órganos, lo que aporta mayores capacidades para conseguir una mejora significativa de la supervivencia en entornos quirúrgicos con limitaciones.

Beneficios de la simulación avanzada en trauma torácico

La necesidad de utilizar simuladores de alta fidelidad para la formación ha ido tomando peso en los últimos años. El desarrollo de simuladores de realidad simulada para el entrenamiento permite un aprendizaje más práctico y profundo al simular la realidad. En comparación con la medicina convencional, que se basa en textos y vídeos, la experiencia práctica es más enriquecedora, logrando una mejora clara en técnicas como la toracotomía, el drenaje torácico y la pericardiocentesis. Estas lesiones torácicas tienen una alta incidencia en varios países, y la correcta ejecución en los procedimientos aumenta la supervivencia de los pacientes. La simulación también debe mostrar una mejora en otros aspectos menos técnicos, que incluyen comunicación activa y estrategia.

138

El aumento en el número de simuladores de alta fidelidad para hospitales ha permitido elevar la calidad de la formación médica; sin embargo, su elevado precio suele ser un inconveniente para algunas instituciones. Además, ciertos profesionales argumentan que la simulación no tiene el mismo impacto formativo que la experiencia clínica. A pesar de ello, la investigación en esta área sigue viviendo momentos muy interesantes. Por ejemplo, en 2023, el *Journal of Surgical Research* publicó la impresión en 3D para entrenamiento en heridas penetrantes de tórax durante el tratamiento inicial de las lesiones.

Mejora de habilidades técnicas

Las habilidades técnicas específicas del trauma torácico, tanto para heridas penetrantes como contusas, así como la capacidad de trabajo bajo presión, pueden mejorarse considerablemente mediante simuladores de alto nivel que reproduzcan estas condiciones. Esta práctica permite que tanto los estudiantes de medicina como el personal paramédico y el personal quirúrgico adquieran todos los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para enfrentarse con éxito a este tipo de enfermedades, reduciéndose así el riesgo de errores al atender a pacientes reales. El entrenamiento con simuladores avanzados de trauma torácico permite desarrollar numerosas competencias que involucran los aspectos humanos y técnicos en el rendimiento médico: el desempeño en las habilidades técnicas puede ser evaluado y cuantificado, y se puede potenciar la toma de decisiones, el trabajo en equipo y las habilidades de comunicación de los profesionales.

Los beneficios de la simulación aplicada al trauma torácico han quedado ampliamente demostrados en investigaciones previas y la experiencia activa relacionada con el tratamiento del trauma penetrante y contuso. Además, constituye el punto de partida para continuar con la investigación en este campo, en el que los aspectos económicos juegan

un papel fundamental; no obstante, no menos importantes son el papel innovador de los dispositivos y la opinión de los expertos, quienes requieren para su formación simuladores que reproduzcan la realidad que deben afrontar.

Desarrollo de habilidades blandas

Los simuladores siempre se han considerado herramientas para mejorar habilidades técnicas asociadas a procedimientos quirúrgicos o del paciente crítico. Sin embargo, en los últimos años se ha demostrado que la simulación también es un área ideal para desarrollar habilidades blandas o *soft skills*. El entrenamiento con simuladores avanzados en trauma de tórax permite mejorar no sólo la destreza y el conocimiento de situaciones de trauma, sino que también lleva a los participantes a adquirir un mayor dominio y control del estrés en escenarios inesperados y potencialmente letales. Se evidencian mejoras en el trabajo en equipo, la comunicación y el desarrollo de un ambiente más positivo durante la interacción con otros miembros del grupo. Así, la simulación médica contribuye a fortalecer el abordaje integral de situaciones relacionadas con el trauma torácico.

Estos avances resaltan que la simulación en medicina no debe limitarse solamente a replicar situaciones clínicas o realizar entrenamientos técnicos, sino que debe enfocarse también en aspectos complementarios que tiendan a aminorar una crisis sanitaria o un accidente de grandes proporciones. Tal es el caso del personal médico que debe atender eventos de guerra o desastres naturales, entornos en los que el nivel de estrés puede llegar a ser extremo. En estas circunstancias, la capacidad para comunicarse y trabajar en equipo resulta vital. La simulación se puede convertir en una poderosa herramienta para potenciar estas capacidades, contribuyendo finalmente a salvar miles de vidas.

CONCLUSIONES

La simulación en trauma torácico es una gran herramienta para el aprendizaje de habilidades y destrezas, y reforzar conocimientos, tanto en la parte prehospitalaria como en la hospitalaria.

BIBLIOGRAFÍA

1. Lugo MJ. Andragogía y la experiencia en la educación de médicos: revisión narrativa. *Rev Med Clin*. 2021;05(3): e24112105028.
2. González PA. El aprendizaje basado en la simulación y el aporte a las teorías educativas. *Rev Espacios*. 2018;39.
3. Díaz-Guio DA, Vasco M, Ferrero F. Educación basada en simulación, una metodología activa de aprendizaje través de la experiencia y reflexión. *Rev Latinoam Simul Clin*. 2024;6(3):119-26.
4. Kolb DA. *Experiential learning: experience as the source of learning and development*. 2.ª ed. Saddle River: Pearson Education; 2015.
5. NAEMT. PHTLS Soporte vital de trauma prehospitalario. 9.ª ed. EE.UU.: Jones & Bartlett Learning; 2020.
6. NAEMT. TECC Atención táctica a víctimas en emergencias. 2.ª ed. EE.UU.: Jones & Bartlett Learning; 2019.
6. NAEMT. PHTLS Soporte vital de trauma prehospitalario. 10.ª ed. EE.UU.: ; 2022.
7. López San Martín P. Evaluación de la adquisición de habilidades quirúrgicas mediante el empleo de simuladores laparoscópicos. Tesis de maestría. La Coruña: Universidad de La Coruña; 2019.
8. Mancilla Valdés D. Sistema de realidad virtual para el entrenamiento de médicos residentes en intervenciones vasculares laparoscópicas. 2018.
9. Gustavo Llaryora R. Control del daño hemorrágico en el trauma esplénico cerrado. Tesis doctoral. Córdoba: Universidad de Córdoba; 2018.
10. Díaz-León CA, Trefftz H, Bernal J, Eliuk S. Algoritmos generales para simuladores de cirugía laparoscópica. *Revista Ingeniería Biomédica*. 2010;4(8):57-70.

Simulación en cirugía robótica torácica

Patricio Santillán Doherty, Pablo Gomes-da Silva de Rosenzweig, Diana García Campos, Luis Fernando Arana Bolaños, María José Midence Arguello y Francina Valezka Bolaños Morales

INTRODUCCIÓN

La cirugía robótica (RATS) ha revolucionado la práctica quirúrgica en diferentes especialidades, ofreciendo beneficios excepcionales como una visión tridimensional que otorga varios grados de libertad de movimiento, reduce el temblor fisiológico, mejora la vista del campo quirúrgico y facilita la sutura intracorpórea, otorgando excelentes resultados para los pacientes¹. Esta nueva técnica ha ido de la mano de resultados favorables, tanto en resecciones pulmonares como en tumores intratorácicos²⁻⁴, y ha presentado múltiples ventajas en cuanto a la enseñanza quirúrgica, recursos que se encuentran limitados cuando se realizan procedimientos abiertos o torácicos videoasistidos (VATS).

140

Historia de la cirugía robótica

La historia de la cirugía robótica comenzó en 1985 con el uso del PUMA 200 para realizar biopsias neuroquirúrgicas y continuó con el desarrollo del Robodoc®, un sistema guiado por imágenes para reemplazo protésico de cadera, siendo el único aprobado por la FDA en ortopedia. En la década de 1990 se desarrollaron sistemas que permitían el control remoto de un robot desde una estación de trabajo. La empresa *Computer Motion* creó el brazo robótico AESOP®, el primero controlado por pedales, y luego por voz, para manejar el endoscopio sin asistencia. Más adelante esta misma compañía presentó el sistema ZEUS, compuesto por tres brazos, que hizo posible la operación Lindbergh: la primera cirugía transatlántica por telepresencia. Paralelamente, *Intuitive Surgical* desarrolló los prototipos Lenny y Mona, culminando en 1998 con el lanzamiento del sistema Da Vinci®, aprobado por la FDA en el año 2000 para laparoscopia y que rápidamente se convirtió en la plataforma más exitosa del campo. En 2003, *Computer Motion* e *Intuitive Surgical* se fusionaron, discontinuando el sistema ZEUS y concentrando sus esfuerzos en el Da Vinci®, siendo esta plataforma la más avanzada al día de hoy^{5,6}.

Figura 1. Carro móvil, consola y torre de visualización (adaptado de Intuitive Surgical Inc. [About Da Vinci® Systems. Intuitive.com, 2025]. <https://www.intuitive.com/en-us/patients/da-vinci-robotic-surgery/about-the-systems>).



Sistema robótico (sistema quirúrgico Da Vinci®, Intuitive Surgical, Inc., Sunny-Valley, California, EE.UU.)

El sistema quirúrgico Da Vinci® consta de tres componentes (Fig. 1):

- Carro de visualización (torre de laparoscopia).
- Consola del cirujano: compuesta por dos mandos que controlan los brazos robóticos –con siete rangos de movimiento–, un ordenador y un sistema de imágenes en 3D. Un sensor de infrarrojos detecta el momento en que el cirujano introduce la cabeza en la consola, activando inmediatamente los dos mandos y los brazos robóticos⁶. Es el sitio donde el cirujano, sentado confortablemente y sin necesidad de estar vestido con ropa ni guantes estériles, controla los movimientos de tres brazos robóticos de trabajo y un cuarto que sujeta la endocámara⁷. Cabe destacar que actualmente existe una doble consola, con la cual se pueden mitigar las limitaciones de la cirugía robótica de una sola, facilitando así el entrenamiento de cirujanos mediante el uso de una consola principal y otra secundaria⁸.
- Carro móvil (robot): sostiene los tres brazos para instrumentos y el brazo para la cámara.

SIMULACIÓN EN CIRUGÍA ROBÓTICA

La simulación quirúrgica es una estrategia diseñada para enseñar tanto las prácticas básicas como las complejas de un procedimiento en un entorno libre de estrés, con el objetivo de colocar al aprendiz en una situación lo más cercana posible a la realidad⁹. Desde hace tiempo, la simulación quirúrgica se ha implementado no sólo en la formación de residentes, sino también en la capacitación de todo el personal involucrado en los cuidados quirúrgicos. En la actualidad, la simulación en cirugía puede clasificarse en cinco categorías principales, según su grado de fidelidad con la práctica real: inanimada, animal, de realidad aumentada, de realidad virtual y cadavérica¹⁰. El objetivo del aprendizaje mediante simulación es minimizar, en la medida de lo posible, que el personal en entrenamiento deba realizar por primera vez una técnica en un paciente real, evitando así los riesgos inherentes a esta situación⁹. En cirugía robótica, la simulación no se limita únicamente al entrenamiento del cirujano, sino que involucra a todo el equipo quirúrgico.

El personal de enfermería desempeña un papel esencial: el equipo circulante debe conocer cómo posicionar correctamente el robot, mientras que el equipo instrumentista ha de familiarizarse con el instrumental específico del sistema robótico. Del mismo modo,

Tabla 1. Clasificación de cirugías torácicas según el nivel de complejidad
Cirugías según el nivel de complejidad
Cirugías de nivel I: – Resección anterior y posterior de tumor o quiste mediastinal (si es < 3 cm y no invasivo) – Resección de quistes esofágicos o pulmonares – Resección de nódulos linfáticos – Resección pulmonar en cuña no intencionada a un nódulo en específico – Simpatectomía – Resección de un tumor pleural fibroso solitario (si es < 3 cm) – Biopsia pleural
Cirugías de nivel II: – Timectomía por miastenia grave – Resección de tumores del mediastino inferiores y posteriores (debajo de la 9.ª costilla) – Plicatura diafragmática – Leiomioma esofágico en tercio medio – Esofagectomía transtorácica sin anastomosis – Resecciones de pared torácica
Cirugías de nivel III: – Segmentectomía – Lobectomía – Resecciones pulmonares en manguito – Miotomía esofágica por acalasia con funduplicatura tipo Dor – Esofagectomía tipo Ivory Lewis

el equipo de anestesiología debe capacitarse en las modificaciones hemodinámicas que puede implicar el uso del robot, mientras que el equipo quirúrgico requiere entrenamiento específico en la manipulación de la consola, el conocimiento de la ergonomía del sistema y el desarrollo de las habilidades necesarias para la colocación de los puertos y el *docking* de los brazos robóticos. La mayor parte de este capítulo estará dedicada a las actividades de simulación orientadas al equipo quirúrgico.

Indicaciones de la cirugía robótica

En este tipo de cirugía resulta fundamental señalar que, al iniciar un programa de cirugía robótica torácica, se debe conformar un comité de cirugía robótica. En este foro se presentan y evalúan los casos quirúrgicos con la participación de un equipo multidisciplinario integrado por anestesiólogos torácicos, cirujanos de tórax, personal de enfermería y personal administrativo del hospital. Actualmente, las indicaciones para RATS son equivalentes a las establecidas para VATS y pueden clasificarse en distintas categorías según su nivel de complejidad, las cuales se presentan en la tabla 1^{11,12}.

Técnica anestésica y posicionamiento del paciente

En términos generales, se recomienda el uso de anestesia general con ventilación unipulmonar, aunque también está descrita la técnica sin intubar. El aislamiento pulmonar puede lograrse mediante la colocación de un tubo endobronquial (tubo doble lumen) o,

alternativamente, utilizando un tubo convencional junto con la introducción, bajo guía broncoscópica, de un bloqueador bronquial, el cual se coloca en el bronquio principal del pulmón ipsilateral al sitio quirúrgico. Independientemente de la técnica de aislamiento pulmonar definida, es necesario realizar mediciones de la vía aérea para seleccionar las dimensiones óptimas del dispositivo^{13,14}.

El anestesiólogo debe poseer un conocimiento detallado de la anatomía bronquial segmentaria, ya que en determinados procedimientos se requiere la navegación broncoscópica de manera simultánea con la cirugía. Asimismo, la disposición ergonómica de la sala resulta fundamental, dado que, una vez realizado el *docking*, el acceso al paciente, particularmente a la vía aérea y a los accesos vasculares, se ve limitado por la presencia de los brazos y el cuerpo del robot, lo que restringe considerablemente el espacio de trabajo.

La posición del paciente se define considerando tres factores: la enfermedad, el tipo de cirugía a realizar y el modelo de robot utilizado (Da Vinci® X o Xi). Según la enfermedad a tratar, se determina la orientación del robot en relación con la anatomía del paciente: el robot X se acopla con una inclinación de aproximadamente 15° hacia la cabeza, mientras que el robot Xi lo hace desde la región posterior (espalda).

Para optimizar la exposición quirúrgica, la mesa puede colocarse en ligero ángulo o, de manera alternativa, se puede situar una sábana doblada bajo el paciente a nivel del reborde costal. Esta maniobra favorece una mayor apertura de los espacios intercostales y facilita la introducción de la engrapadora manual o de las pinzas de laparoscopia a través del puerto accesorio. El brazo ipsilateral debe mantenerse flexionado y resguardado, mientras que las manos se colocan en posición de «orador». Entre las rodillas se coloca una almohada, y en los tobillos, cojinetes de gel para prevenir lesiones por presión (Fig. 2).

Cuando se trabaja en decúbito supino para abordar un hemitórax, se recomienda colocar un bulto de gel o una sábana enrollada bajo el costado, generando así una inclinación aproximada de 45°.



Figura 2. Posición de decúbito lateral izquierdo o derecho con la colocación de una sábana o un bulto de gel debajo del paciente para mejorar la exposición de los espacios intercostales.

Simulación quirúrgica

Simulación del asistente quirúrgico (colocación de puertos, docking e introducción del instrumental quirúrgico)

Dentro de la simulación para estas habilidades, resulta esencial que el asistente quirúrgico domine tanto la introducción de los instrumentos a través de los puertos como la experiencia previa en cirugía laparoscópica, dado que sus funciones incluyen aspiración, extracción de tejidos y otras tareas complementarias a través de los accesos robóticos. Para este fin, existen diversas modalidades de entrenamiento, entre ellas los domos de laparoscopia, que facilitan la adaptación a la disposición característica de este tipo de cirugía, así como la práctica de la colocación de puertos, el *docking* de los brazos robóticos y la inserción de los instrumentos bajo visión directa del endoscopio. De manera alternativa, también se pueden emplear modelos animales o cadavéricos para el perfeccionamiento de estas competencias.

A continuación, se describe una forma sistematizada para la colocación de puertos, *docking* y manejo del instrumental robótico.

Previo a la colocación de los puertos, es fundamental verificar junto con el equipo de anestesia el adecuado colapso pulmonar en el hemitórax donde se realizará el procedimiento. Existen diversas formas de colocación de los puertos en cirugía torácica robótica, las cuales varían según la escuela quirúrgica en la que se haya formado el cirujano. La disposición final depende tanto del procedimiento a realizar como del número de brazos robóticos requeridos, e incluso puede modificarse si el abordaje es bilateral. Como parte del proceso de simulación y de la preparación del personal en entrenamiento, resulta fundamental reconocer las estructuras anatómicas de referencia en el tórax. En nuestra institución, se emplea una estrategia estructurada para la colocación de los puertos, la cual se detalla a continuación (Fig. 3):

- Identificación de la punta de la escápula (correspondiente al 5.º espacio intercostal); coincide con la localización del hilio pulmonar.
- Línea axilar posterior.
- Reborde costal y glándula mamaria (esta última de particular relevancia en la mujer, con el fin de evitar lesiones en la cola de la mama en puertos superiores).

Una vez identificadas las estructuras anatómicas, se procede a la colocación del primer puerto, cuya posición puede variar según la localización del procedimiento quirúrgico (superior, inferior, etc.). De manera habitual, éste se sitúa en el octavo espacio intercostal, en un

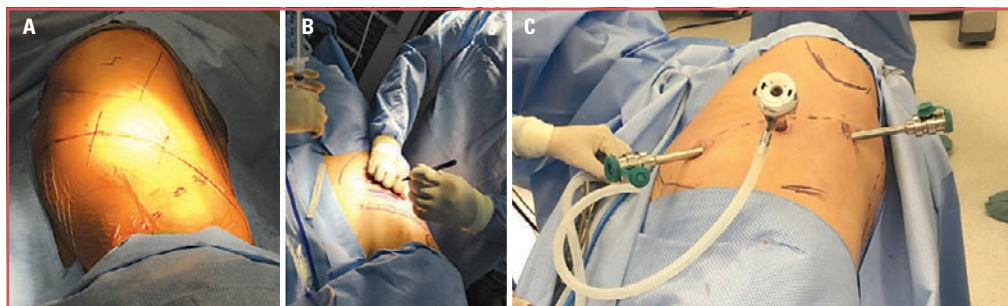


Figura 3. Identificación de puntos de referencia anatómica clave en el tórax (A y B) y colocación de los puertos (C).

punto intermedio entre la línea axilar posterior y la punta de la escápula. Previo a la incisión, se recomienda marcar el sitio de inserción con el propio puerto, a fin de delimitar con precisión el tamaño adecuado de la incisión. Posteriormente, se infiltra la zona con anestesia local y se realiza la incisión con bisturí, continuando con disección roma hasta ingresar a la cavidad torácica. Una vez dentro, se procede a la insuflación de CO₂ a una presión de 8 mmHg y un flujo de 20 l/min, con la función de auto-stop desactivada. A través de este primer puerto se introduce el endoscopio, que puede ser de 0 o 30°, según las necesidades del procedimiento.

Este paso no sólo facilita la visualización de las estructuras, sino que también permite valorar la tolerancia del paciente tanto a la ventilación unipulmonar como a la presión intratorácica generada por el gas antes de iniciar la cirugía. La colocación de los puertos restantes se realiza bajo visión directa, tras la infiltración con anestesia local. Como referencia práctica, se recomienda mantener una distancia aproximada de un puño entre cada puerto, lo que optimiza la movilidad de los brazos robóticos y reduce el riesgo de colisión entre ellos.

Una vez completada la colocación de los puertos, se procede al *docking* de los brazos robóticos. En esta fase resulta fundamental definir la posición del endoscopio: en el sistema Da Vinci® X se utilizan habitualmente los brazos 1 o 2, mientras que en el Da Vinci® Xi se prefieren los brazos 2 o 3. Una vez definida, se introduce la cámara y se realiza el *targeting* para optimizar el acoplamiento del resto de los brazos. Finalmente, los instrumentos se introducen bajo visión directa del endoscopio, con el fin de minimizar el riesgo de lesión en los tejidos y asegurar su colocación precisa en la región anatómica donde se realizará la intervención.

Simulación del cirujano robótico

145

Como parte del entrenamiento en cirugía robótica, es fundamental considerar las distintas estrategias disponibles para familiarizarse con el sistema. Entre las herramientas de entrenamiento disponibles se encuentra el curso *Fundamentals of Robotic Surgery* (disponible en <https://www.surgicalexcellence.org/fundamentals-of-robotic-surgery-frs-1>), el cual ha sido diseñado para enseñar los principios básicos de la cirugía robótica y desarrollar las habilidades psicomotoras necesarias para un uso seguro y efectivo de estos sistemas. Asimismo, pone énfasis en la adquisición de competencias en comunicación y trabajo en equipo, e incorpora una evaluación estandarizada del desempeño basada en un consenso de expertos de múltiples especialidades.

Aunado a esto, el sistema Da Vinci® incorpora un módulo de simulación virtual (Da Vinci SimNow [DVSN]) que permite a los cirujanos en formación practicar y perfeccionar los movimientos robóticos. Estas simulaciones abarcan desde ejercicios básicos, como el traslado de objetos con los brazos robóticos, hasta la realización de procedimientos quirúrgicos completos en un entorno virtual, como las lobectomías, que pueden llevarse a cabo mediante guías interactivas o en modalidad de trabajo independiente. Además, estas simulaciones permiten practicar la manipulación de los brazos, la cámara y los pedales, facilitando así la posterior aplicación de estas habilidades en intervenciones más complejas. Existen también otros simuladores, como el DV-Trainer® y el Robotix Mentor®, aunque su disponibilidad y uso son menores en comparación con el DVSN®.

Cabe destacar que el beneficio más relevante de la simulación con DVSN no sólo radica en la posibilidad de practicar las habilidades esenciales para el manejo del robot, sino también en la obtención de indicadores objetivos de desempeño (*Objective Performance Indicators* [OPI]), los cuales permiten una mejora continua del trabajo del cirujano en

formación. Los OPI constituyen una herramienta útil para analizar aspectos críticos del desempeño quirúrgico, además de identificar aquellos atributos característicos de los cirujanos altamente competentes¹⁵.

De manera similar a lo descrito anteriormente, se pueden emplear modelos animales para simular procedimientos en entornos con ventilación y circulación presentes, lo que permite una aproximación más realista a la práctica clínica. Asimismo, existen modelos cadavéricos, como el Simlife®, que incorporan perfusión y ventilación, ofreciendo un realismo superior al de los modelos cadavéricos convencionales y facilitando la práctica de procedimientos complejos con mayor fidelidad anatómica y funcional¹⁶.

Una limitación de la simulación y la enseñanza convencional en cirugía dentro del contexto de la RATS es la dificultad para aplicar el modelo de aprendizaje «ver, hacer, enseñar». Esto se debe a que resulta complejo supervisar y controlar los movimientos de cirujanos en formación cuando sólo se dispone de una única plataforma robótica. Sin embargo, el desarrollo de consolas duales ha permitido a los cirujanos experimentados guiar activamente a los cirujanos en entrenamiento durante el procedimiento, así como tomar el control inmediato de la consola en situaciones críticas que requieren mayor pericia para su resolución.

Estas consolas permiten otorgar al cirujano en entrenamiento un control total o parcial de los brazos robóticos, de modo que el instructor pueda acompañar y guiar cada paso dentro de un entorno de simulación controlada. Además, incorporan herramientas como el puntero virtual, que al activarse se proyecta en la imagen en vivo y facilita el entrenamiento quirúrgico al señalar y referirse a estructuras anatómicas específicas durante el procedimiento. De esta manera, se establece una dinámica de enseñanza intraoperatoria esencial entre mentor y aprendiz^{8,17-19}.

PERSPECTIVAS DE LA CIRUGÍA ROBÓTICA

El sistema de cirugía robótica Da Vinci® presenta ciertas limitaciones. La principal de ellas continúa siendo el elevado costo de adquisición y mantenimiento de la plataforma, lo cual representa una barrera importante para su difusión, especialmente en países con recursos limitados. Además, debe considerarse que cada instrumento quirúrgico tiene un número restringido de usos, ya que el sistema registra automáticamente las veces que se conecta al brazo robótico, lo que obliga a su reemplazo tras varios procedimientos y eleva aún más los costos. Otras desventajas incluyen la necesidad de un amplio espacio en la sala quirúrgica y la obligatoriedad de un entrenamiento específico para operar el sistema con seguridad y confianza.

A pesar de estas limitaciones, el uso de la tecnología robótica contribuye al mejoramiento continuo de las habilidades quirúrgicas, al permitir el monitoreo de los movimientos del cirujano y su traducción en gestos precisos y sutiles dentro del paciente. Asimismo, la incorporación de estrategias como la sensibilidad háptica busca recrear la textura de los tejidos humanos y optimizar el desempeño quirúrgico²⁰. Además, la tecnología robótica ofrece una curva de aprendizaje menos prolongada que la cirugía abierta y, en algunos casos, más favorable que en VATS, lo que facilita el entrenamiento de futuros cirujanos torácicos. Asimismo, se ha consolidado como una nueva herramienta para la adquisición de competencias quirúrgicas mediante simuladores tridimensionales, que abarcan desde programas de adiestramiento básico hasta plataformas avanzadas capaces de recrear procedimientos en tiempo real.

CONCLUSIONES

Se espera que la tecnología robótica desempeñe un papel cada vez más relevante en el futuro de la cirugía. Este enfoque no sólo ha transformado la práctica quirúrgica, sino que también ha revolucionado la enseñanza y el aprendizaje operatorio. La cirugía robótica se ha incorporado progresivamente a los programas formativos de cirugía en todo el mundo, empleándose tanto para la enseñanza como para la simulación mediante modelos virtuales tridimensionales, en sustitución del uso de pacientes, modelos cadavéricos o animales. En la actualidad, se busca integrar formalmente estos programas dentro de la formación de médicos especialistas y subespecialistas en cirugía, con el objetivo de garantizar un entrenamiento seguro, confiable y orientado al beneficio de los pacientes.

BIBLIOGRAFÍA

1. González-Rivas D, Gomes-da Silva de Rosenzweig P, Arana Bolaños LF, et al. Complex uniportal robotic-assisted sleeve resections under spontaneous ventilation and with double lumen intubation: a case series and a narrative review of the literature. *Transl Lung Cancer Res.* 2025;14(8):3170-82.
2. Kneuert PJ, D'Souza DM, Moffatt-Bruce SD, et al. Robotic lobectomy has the greatest benefit in patients with marginal pulmonary function. *J Cardiothorac Surg.* 2018;13:56.
3. Veronesi G, Park B, Cerfolio R, et al. Robotic resection of Stage III lung cancer: an international retrospective study. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2018;54:912-9.
4. Ruffini E, Filosso PL, Guerrero F, et al. Optimal surgical approach to thymic malignancies: New trends challenging old dogmas. *Lung Cancer.* 2018;118:161-70.
5. Morrell ALG, Morrell-Junior AC, Morrell AG, et al. The history of robotic surgery and its evolution: when illusion becomes reality. *Rev Col Bras Cir.* 2021;48:e20202798.
6. Valero R, Ko YH, Chauhan S, et al. Cirugía robótica: historia e impacto en la enseñanza. *Actas Urol Esp.* 2011;35(9):540-5.
7. Schwartz G, Sancheti M, Blasberg J. Robotic Thoracic Surgery. *Surg Clin North Am.* 2020;100(2):237-48.
8. Fernandes E, Elli E, Giulianotti P. The role of the dual console in robotic surgical training. *Surgery.* 2014;155(1):1-4.
9. Bresler L, Perez M, Hubert J, et al. Residency training in robotic surgery: The role of simulation. *J Visc Surg.* 2020;157(3 Suppl 2):S123-9.
10. Haruki T, Nakamura H. Surgical simulation in robot-assisted thoracoscopic surgery: future strategy. *Video-assist Thorac Surg.* 2018;3:44.
11. Cerfolio R, Louie BE, Farivar AS, et al. Consensus statement on definitions and nomenclature for robotic thoracic surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2017;154(3):1065-9.
12. Emmert A, Straube C, Buentzel et al. Robotic versus thoracoscopic lung resection: A systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore).* 2017;96(95):e7633.
13. McCall P, Steven M, Shelley B. Anaesthesia for video-assisted and robotic thoracic surgery. *BJA Educ.* 2019;19(12):405-11.
14. Geraci TC, Sasankan P, Luria B, et al. Intraoperative Anesthetic and Surgical Concerns for Robotic Thoracic Surgery. *Thorac Surg Clin.* 2020;30(3):293-304.
15. Nawalaniec J, Shields M, Auchincloss H, et al. Objective performance indicators provide a novel, quantitative method to evaluate surgeon proficiency in robotic lobectomy training. *JTCVS Open.* 2025;26:299-305.
16. Delpech PO, Danion J, Oriot D, et al. SimLife a new model of simulation using a pulsated revascularized and reventilated cadaver for surgical education. *J Visc Surg.* 2017;154(1):15-20.
17. Goonewardene SS, Brown M, Challacombe B. Single- versus dual-console robotic surgery: dual improves the educational experience for trainees. *World J Urol.* 2016;34:1337-9.
18. Cristofari H, Jung MK, Niclauss N, et al. Teaching and learning robotic surgery at the dual console: a video-based qualitative analysis. *J Robot Surg.* 2022;16(1):169-78.
19. Zirafa CC, Romano G, Key TH, et al. The evolution of robotic thoracic surgery. *Ann Cardiothorac Surg.* 2019;8(2):210-7.
20. Bergholz M, Ferle M, Weber BM. The benefits of haptic feedback in robot assisted surgery and their moderators: A meta-analysis. *Sci Rep.* 2023;13(1):19215.

Simulación en ventilación mecánica

Jorge Pedroza-Granados y Eduardo Mireles-Cabodevila

INTRODUCCIÓN

La ventilación mecánica es una intervención esencial en el armamentario terapéutico de diferentes especialidades médicas: urgencias, anestesiología, medicina crítica, neumología. El advenimiento de la ventilación mecánica a presión positiva en 1950 marcó el inicio de la era de las terapias intensivas modernas¹, pero ésta ha trascendido campos, y como bien vimos durante la pandemia de la COVID, el conocimiento y su aplicación son esenciales. La educación en ventilación mecánica es parte del currículum académico primordial en la educación y una expectativa al inicio de la práctica médica profesional. Tradicionalmente la enseñanza había sido tutorial y personalizada, al lado de la cama del paciente, con todos los sesgos, imprecisiones y potenciales riesgos que conlleva ese método para los enfermos. Esta estrategia es el principal medio de educación actual en ventilación mecánica en todo el mundo.

148

Sin embargo, en la literatura científica se han identificado brechas significativas en la aplicación clínica cotidiana de la ventilación mecánica: por ejemplo, en el uso inadecuado de estrategias de protección pulmonar en el síndrome de insuficiencia respiratoria aguda^{2,3}, así como en la identificación y manejo de las discordancias paciente-ventilador^{4,5}. La pandemia de la COVID-19, con la gran demanda que implicó del empleo de ventilación mecánica por profesionales de la salud no familiarizados en su uso cotidiano, mostró que la ausencia de un entrenamiento sistematizado y reproducible resultó en prácticas inconsistentes y de pobre alcance⁶. Debido a la gran deficiencia en personal adecuadamente capacitado en el uso de la ventilación mecánica, varias instituciones reforzaron sus programas de entrenamiento, y se desarrollaron nuevas iniciativas para mejorar la competencia del personal de salud⁷⁻⁹. La simulación formó parte de todas estas intervenciones.

A través de la última década, la simulación, a diferencia de la enseñanza al lado de la cama, ofrece un entorno seguro, controlado y reproducible que habilita la práctica deliberada, la repetición y la retroalimentación estructurada, elementos asociados con un aprendizaje más efectivo¹⁰. En ventilación mecánica en particular, currículos de *mastery learning* y programas de tipo campo de entrenamiento (*boot camp*) han demostrado mejorar significativamente el desempeño y la confianza de los aprendices en comparación con la formación tradicional^{11,12}. En ensayos clínicos aleatorizados y estudios piloto se ha mostrado que tanto la simulación con maniquí como la simulación computarizada/telepresencial son eficaces y escalables para entrenar en modos de ventilación e interacciones paciente-ventilador^{13,14}. Asimismo, experiencias recientes integrando mejores prácticas y herramientas virtuales/realidad virtual (VR) han reforzado la viabilidad de programas estandarizados y remotos cuando el acceso clínico es limitado¹⁵⁻¹⁷.

EVIDENCIA CIENTÍFICA

Durante la pandemia se publicaron diversos estudios que reforzaron el papel de la simulación en ventilación mecánica. En Palestina, por ejemplo, un programa de entrenamiento con técnicas de simulación de alta fidelidad mejoró de manera significativa el desempeño clínico de un grupo de enfermeras expuestas a pacientes críticos¹⁸. De forma similar, en la India se empleó el modelo de simulación CRITICA (*Meduplay Systems, Indian Institute of Science y St. John's Medical College, Bangalore*), encontrándose que los estudiantes de medicina crítica que participaron en los módulos de ventilación mecánica y monitorización hemodinámica obtuvieron un rendimiento estadísticamente superior al de sus pares sin este entrenamiento¹⁹. Éstos y otros reportes derivados de la experiencia con la COVID-19 pusieron en evidencia la necesidad de contar con estrategias educativas alternativas y sistematizadas, lo que impulsó un crecimiento notable en los estudios que evalúan la utilidad de la simulación en ventilación mecánica.

En los últimos años, la literatura científica ha documentado múltiples experiencias que exploran con mayor detalle la eficacia de la simulación aplicada a la enseñanza de esta competencia. En 2016, por ejemplo, un grupo de 17 residentes participó en un curso intensivo de 12 h, distribuidas en tres días, que combinó el uso de ventiladores y maniqués, logrando una mejoría superior al 25% en las evaluaciones posteriores¹². Un año después, en otro estudio con 50 residentes se comparó el entrenamiento con un modelo basado en computadora frente al entrenamiento con maniqués, sin encontrar diferencias significativas en el rendimiento final, lo que sugiere que distintas modalidades de simulación pueden ser igualmente efectivas¹³. En la Universidad de Oregón, un programa de formación en ventilación mecánica se implementó inicialmente con profesionales de la salud tailandeses, quienes posteriormente lo replicaron en dos hospitales de su país, demostrando una mejoría de más del 25% en las evaluaciones poscurso²⁰. En EE.UU., 80 residentes de medicina interna fueron evaluados mediante un examen clínico objetivo estructurado después de entrenarse con un ventilador conectado a un pulmón artificial; aunque no existió un grupo de control, el rendimiento de los residentes mejoró de manera significativa²¹. Asimismo, otro grupo docente diseñó un programa sistematizado para 24 residentes de primer año que incluyó siete módulos, tres de ellos basados en simulación con ventiladores al lado del paciente, observándose una mejoría en la competencia, aunque sin grupo comparativo²². Finalmente, en un estudio con 81 residentes de medicina interna se evaluó el impacto de un curso utilizando un simulador virtual de ventilación mecánica; los resultados mostraron una mejoría global en el desempeño, salvo en el área de reconocimiento de discordancias paciente-ventilador, lo que resalta la persistencia de retos en este dominio específico²³.

Más allá de demostrar la eficacia general de la simulación en la enseñanza de la ventilación mecánica, algunos trabajos recientes han puesto especial énfasis en los aspectos técnicos de esta estrategia educativa. En un estudio de Arnal, et al.²⁴, se midieron variables fisiológicas en 359 sujetos en ventilación mecánica profundamente sedados, estableciendo parámetros de fisiología pulmonar como resistencia inspiratoria, elastancia y constantes de tiempo espiratorio para sujetos con pulmones normales, con EPOC y con síndrome de insuficiencia respiratoria aguda. Estos hallazgos han permitido asignar perfiles fisiológicos específicos a diferentes entidades clínicas, lo que constituye la base para construir modelos de simulación más realistas y ajustados a la fisiopatología de los pacientes respiratorios. Por otro lado, Safadi, et al.²⁵ compararon en 2024 dos modalidades de enseñanza mediante simulación: entrenamiento presencial con simuladores de ventilación mecánica versus enseñanza a distancia con *software*

en línea. En este estudio, que incluyó a 70 residentes de primer año de medicina crítica, se observó que la eficacia de la modalidad virtual fue similar a la del entrenamiento presencial. Esta evidencia resulta especialmente relevante, ya que permite contrastar dos aproximaciones ampliamente utilizadas en la simulación aplicada a ventilación mecánica y aporta información valiosa para la selección de la técnica educativa más adecuada en diferentes contextos.

SIMULACIÓN EN VENTILACIÓN MECÁNICA

Aunque ya existían en la literatura científica buenas referencias en relación con las mejores prácticas en un programa de entrenamiento mediante simulación^{26,27}, no fue hasta 2024 que Mireles-Cabodevila, et al.¹⁶ sugirieron un *checklist* de preguntas relevantes que deben guiar el diseño e implementación de un programa de simulación específicamente orientado a la ventilación mecánica. Estas preguntas incluyen:

- Establecer los objetivos de aprendizaje.
- Definir el currículum a alcanzar.
- Delimitar las áreas nucleares que deben cubrirse.
- Escoger las modalidades de simulación más apropiadas.
- Describir las habilidades que hay que evaluar en los participantes.
- Programar la frecuencia de los entrenamientos.
- Plantear estrategias para fomentar la autonomía y el aprendizaje activo del educando.
- Desarrollar técnicas de evaluación y mejora continua del propio programa educativo.

150

En el caso específico de la ventilación mecánica, donde hay diferentes niveles y complejidades de conceptos y habilidades (como, por ejemplo, y sin ser una lista exhaustiva: iniciación de la ventilación mecánica, su mantenimiento, su retirada, identificación de metas terapéuticas y eventuales complicaciones, variedad de modalidades ventilatorias y ventiladores comerciales, identificación de interacciones paciente-ventilador normales y anormales, vinculación de la ventilación mecánica con otras estrategias terapéuticas, etc.), se vuelve mandatorio establecer límites en cuanto a conocimientos, habilidades y medios a disposición del educador, para que se obtengan los resultados requeridos por cada sitio de entrenamiento. Igualmente, es ya conocido que la educación mediante simulación, además de proveer una estructura y una mayor velocidad de aprendizaje para los educandos, permite a los estudiantes tener errores en la práctica que no ponen en riesgo a los pacientes.

MODALIDADES DE SIMULACIÓN EN EL ENTRENAMIENTO EN VENTILACIÓN MECÁNICA

Existen múltiples modalidades disponibles para la enseñanza de ventilación mecánica, cuya elección debe responder al alcance, los objetivos y el presupuesto del centro de simulación. Si bien los simuladores de alta fidelidad basados en maniqués conectados a ventiladores clínicos permiten recrear situaciones críticas y dinámicas fisiológicas complejas, la alta fidelidad no es indispensable para lograr aprendizajes significativos. De hecho, gran parte de los escenarios educativos de ventilación pueden reproducirse con pulmones de prueba, resistores básicos y ligas de caucho, los cuales permiten generar curvas de presión, flujo y volumen que representan condiciones como obstrucción de la vía aérea, disminución de la distensibilidad o, con la ayuda del instructor, simular

esfuerzo respiratorio. Estas herramientas de bajo costo, además de ser ampliamente accesibles, ofrecen una excelente oportunidad para la práctica repetitiva y la comprensión de los principios fisiológicos fundamentales¹⁶. Paralelamente, los simuladores virtuales y *software* interactivos han mostrado eficacia en la enseñanza de conceptos avanzados y permiten extender la formación a contextos con recursos. También han emergido modalidades híbridas, que combinan *software* con componentes físicos como pulmones artificiales, y la telesimulación, utilizada con éxito durante la pandemia para expandir el alcance educativo más allá del espacio presencial. En este sentido, la selección adecuada de la modalidad no sólo debe considerar los recursos disponibles, sino también los objetivos pedagógicos, priorizando siempre el alineamiento entre realismo fisiológico y eficiencia educativa.

Los simuladores pueden ser categorizados en diferentes tipos, que se analizan a continuación.

Simuladores de software

Son programas de computadora que simulan la ventilación mecánica. Suelen ser modelos matemáticos que replican las interacciones paciente-ventilador o plataformas específicas de ventiladores. Los hay gratuitos (VentSim, Sim Va, VenTrainer, Virtual Ventilator, Pulse Physiology Engine), por suscripción (RespiSim Virtual Ventilator Software, Xlung) o con costo (TruVent). Los más sofisticados incluyen diferentes ajustes del ventilador y distintos estados patológicos del paciente, buscando objetivos específicos para el educando^{15,16}.

151

Pulmones de prueba, entrenadores de tarea, maniquíes

Estos dispositivos permiten modificar de manera física y conectados directamente a un ventilador real las variables fundamentales de la ecuación del movimiento: la resistencia, mediante el uso de resistores o estrechamientos de la vía; la elastancia, a través de bandas elásticas o sistemas de resortes que simulan distintos grados de distensibilidad pulmonar; y la presión muscular, al reproducir esfuerzos inspiratorios o espiratorios controlados por el instructor. Aunque los pulmones de prueba y los entrenadores de tarea fueron diseñados originalmente para evaluar la respuesta técnica de los ventiladores y validar su funcionamiento mecánico, su uso con fines didácticos ha demostrado ser altamente eficiente. Gracias a su sencillez y bajo costo, estos modelos permiten a los estudiantes experimentar de manera tangible cómo se alteran las curvas de presión, flujo y volumen frente a cambios en las propiedades mecánicas del sistema respiratorio. De esta manera, se convierten en una herramienta poderosa para la comprensión de los principios fisiológicos que gobiernan la interacción paciente-ventilador, ofreciendo una experiencia práctica sin necesidad de recurrir siempre a simuladores de alta fidelidad²⁸.

Modelos biológicos in vivo y ex vivo

Aunque útiles y muy usados en su momento, las nuevas directivas éticas y regulatorias han provocado que cada vez se usen menos los modelos *in vivo*. Los modelos *ex vivo* con pulmones aislados, usados aún por la industria de ventiladores, presentan los problemas del difícil control de las fugas aéreas y del desecho de los pulmones utilizados. Ambos han ido siendo sustituidos cada vez más por los modelos de computadora y físicos.

OBJETIVOS DE LA SIMULACIÓN EN VENTILACIÓN MECÁNICA

Éstos deberán servir a la planeación estratégica previa al modelo de simulación, que debe ajustarse a los alcances educativos tanto cognitivos, psicomotores y afectivos que se pretendan alcanzar de acuerdo a las necesidades de enseñanza. Los objetivos cognitivos se enfocan en facilitar al estudiante el entendimiento de conceptos clave y mejorar su habilidad para aplicar este conocimiento en el manejo de la ventilación mecánica. Los objetivos psicomotores se enfocan en desarrollar habilidades físicas y técnicas para manejar los ventiladores mecánicos. Y los objetivos afectivos se enfocan en el desarrollo de actitudes, emociones y valores al tratar sujetos bajo ventilación mecánica¹⁶.

FIDELIDAD DE LA SIMULACIÓN

Se refiere al nivel de realismo en la simulación. Las simulaciones de alta fidelidad, tales como modelos con maniquíes, dado su nivel de replicación de escenarios de la vida real, ayudan más para entender contextos clínicamente relevantes. Son especialmente efectivas con objetivos interprofesionales y afectivos. Las simulaciones de baja fidelidad, como los modelos de *software*, funcionan mejor para construir conocimiento fundacional y teórico.

El concepto de aprendizaje por andamiaje (*scaffolding training*) permite estructurar el entrenamiento en simulación. Implica comenzar con simulaciones de baja fidelidad para aprender los conceptos básicos y teóricos de la ventilación mecánica, seguidos de simulaciones de alta fidelidad para escenarios clínicos, con creciente grado de complejidad^{16,26,27}.

152

DEBRIEFING Y REFLEXIÓN

Proveniente del contexto militar, el *debriefing* se refiere a una serie de reuniones que se organizaban al terminar una misión, donde se intercambiaban puntos de vista sobre la estrategia ejecutada³⁰. Así, los educandos reflexionan sobre su actuación, identifican áreas de mejora y reciben retroalimentación estructurada por los facilitadores. Este análisis es crítico para el aprendizaje, pues refuerza lo aprendido e identifica áreas que pueden mejorarse. El *debriefing* debe ser un proceso estructurado y centrado en el educando, enfocándose en los aspectos tanto técnicos como no técnicos del rendimiento educativo. Se considera la parte más importante de todo el proceso de educación mediante simulación^{26,27,29}.

EVALUACIÓN EN EL ENTRENAMIENTO POR SIMULACIÓN

La evaluación en programas de simulación debe estar directamente alineada con los objetivos de aprendizaje propuestos, abarcando no sólo el dominio cognitivo (conocimientos), sino también los aspectos psicomotores (habilidades técnicas) y afectivos (actitudes y trabajo en equipo). Para lograrlo, es fundamental integrar tanto evaluaciones formativas, que brinden retroalimentación inmediata durante la simulación, como evaluaciones sumativas, orientadas a valorar el desempeño global una vez concluido el ejercicio. El empleo de listas de cotejo (*checklist*) estandarizadas garantiza consistencia, objetividad y justicia en la medición de las habilidades prácticas, reduciendo así la variabilidad entre evaluadores. A su vez, la incorporación de autoevaluación y revisión por pares en el proceso

de *debriefing* fomenta la reflexión crítica, promueve la autoconciencia de aprendizaje y refuerza el aprendizaje continuo, elementos clave para la consolidación de competencias en ventilación mecánica^{26,27}.

RECOMENDACIONES CLAVE PARA UN PROGRAMA DE SIMULACIÓN EN VENTILACIÓN MECÁNICA

Así pues, y de acuerdo a lo mencionado en puntos previos, se sugiere una lista de recomendaciones clave cuando se desarrolla un programa de simulación en ventilación mecánica¹⁶:

- Alinear los objetivos con las modalidades de simulación: asegurar que cada actividad de simulación se alinea con objetivos específicos de aprendizaje. Por ejemplo, los simuladores de *software* para ventilación mecánica pueden estar bien adecuados para objetivos cognitivos, mientras que los simuladores con maniquí de alta fidelidad son mejores para objetivos psicomotores y afectivos.
- Aprendizaje progresivo: usar un acercamiento creciente, empezando con simulaciones simples para adquirir habilidades básicas (de baja fidelidad) y progresando gradualmente a escenarios inmersivos de alta fidelidad para habilidades clínicas complejas (por ejemplo, discordancias paciente-ventilador).
- Entrenamiento de los facilitadores: asegurar que los facilitadores estén bien entrenados no solamente en aspectos técnicos de la simulación, sino también manejando el proceso de evaluación. Usar marcos estructurados (por ejemplo, promoviendo la excelencia y el aprendizaje reflexivo en simulación³⁰) en la evaluación para guiar a los estudiantes en la reflexión y la retroalimentación.
- Integración de la evaluación: los programas de simulación deben integrar tanto evaluaciones formativas (retroalimentación en tiempo real durante la sesión) como sumativas (evaluación postsimulación usando listas de cotejo para asegurar evaluaciones consistentes y objetivas). Se deben incluir las autoevaluaciones como retroalimentación sobre los facilitadores para favorecer el aprendizaje reflexivo.

SEVA, EJEMPLO DE PROGRAMA DE SIMULACIÓN

El programa SEVA (*Standardized Education for Ventilatory Assistance*) es un programa de simulación híbrido desarrollado por la *Cleveland Clinic Foundation* para la educación estructurada en ventilación mecánica. El curso se desarrolla desde el año 2012, pero ha pasado por revisiones anuales hasta su formato actual³¹. Es una iniciativa educativa multinivel que equipa a los profesionales de la salud con habilidades esenciales para manejar la ventilación mecánica de manera efectiva. A través de prácticas basadas en evidencia, metodologías estandarizadas y una ruta de aprendizaje estructurado, el programa SEVA abastece a estudiantes de varios niveles, desde estudiantes hasta especialistas en medicina crítica.

Es un curso híbrido, pues conlleva secciones en línea y sesiones presenciales, con diferentes niveles secuenciales de aprendizaje teórico y práctico, que se ha estado impartiendo en EE.UU., Europa, Asia y Latinoamérica (incluyendo México). Incluye diferentes niveles con creciente grado de complejidad, que abarcan desde los conceptos fisiológicos de la ecuación del movimiento aplicada a la ventilación mecánica, las diferentes etapas clínicas en la evolución del paciente ventilado, la nueva taxonomía para la identificación de los distintos modos de ventilación mecánica, la utilidad y aplicación de los modos de ventilación

mecánica, la evaluación e identificación de las interacciones paciente-ventilador normales y anormales, la implementación de estrategias ventilatorias en distintos entornos clínicos, y la monitorización avanzada de la ventilación mecánica y su aplicación clínica.

La experiencia acumulada a lo largo de más de una década de implementar el curso SEVA ha permitido identificar una serie de lecciones que han sido esenciales para su consolidación y evolución. En primer lugar, aprendimos la importancia de definir claramente los objetivos de aprendizaje desde el inicio y utilizarlos como guía durante el diseño y la ejecución del curso. La experiencia ha mostrado que, cuanto mayor sea el número de objetivos planteados, más difícil resulta alcanzarlos en una sola sesión, lo que obliga a priorizar y estructurar de manera realista los contenidos.

Otro aspecto clave ha sido la evolución en el uso de la simulación tecnológica. Si bien el programa comenzó empleando simuladores de alta fidelidad y configuraciones complejas, progresivamente hemos migrado hacia un modelo centrado en herramientas más simples y de bajo costo, enfocándonos en transmitir conceptos fundamentales con el menor nivel de tecnología posible. Esta decisión ha demostrado múltiples ventajas: facilita la transferibilidad del curso a distintos entornos, garantiza su sustentabilidad a largo plazo y lo hace menos dependiente tanto de la infraestructura tecnológica como de la pericia del usuario.

Una tercera lección importante ha sido la necesidad de mantener a los estudiantes enfocados en conceptos concretos y manejables, en lugar de intentar abarcar las tecnologías más recientes o los temas más complejos desde el inicio. La enseñanza progresiva, construida poco a poco y de manera secuencial, ofrece bases sólidas que permiten a los participantes integrar, más adelante, conclusiones clínicas y fisiológicas más avanzadas.

Finalmente, la implementación de la taxonomía de Bloom³² como marco de referencia para la formulación de objetivos y evaluaciones ha resultado esencial. Esta metodología ha permitido estructurar los niveles de aprendizaje en un *continuum* que va más allá de la simple adquisición de conocimientos, incorporando progresivamente competencias de aplicación, análisis, síntesis y juicio crítico. Las evaluaciones, adaptadas a este marco, han garantizado no sólo la medición del aprendizaje cognitivo, sino también del desarrollo de habilidades prácticas y de actitudes reflexivas.

En conjunto, estas lecciones han dado forma al SEVA como un programa dinámico, adaptable y orientado a resultados, que continúa perfeccionándose año tras año y que ha demostrado ser replicable en diferentes contextos culturales, educativos y clínicos.

CONCLUSIONES

En el presente capítulo se establecen los lineamientos básicos para desarrollar un programa eficaz de entrenamiento por simulación en ventilación mecánica. No podemos dejar de enfatizar la preponderancia que implica establecer el nivel requerido de los estudiantes, delimitar los objetivos cognitivos, psicomotores y afectivos, y el alcance que se pretende alcanzar mediante el programa, la adecuación de los modos disponibles y el grado de fidelidad requerido para la consecución de los objetivos deseados, el desarrollar un proceso durante y al final del curso para obtener un *debriefing* efectivo, y el utilizar métodos de evaluación que permitan medir el grado de aprendizaje teórico y práctico alcanzado por los estudiantes. Evidentemente, conforme se vaya mejorando el *software* y la tecnología en el futuro próximo quizá sea más fácil desarrollar programas cada vez más eficientes y disponibles, pero ello dependerá más bien de una planeación cuidadosa y completa de los fines que cada programa quiera alcanzar para los estudiantes que quiera educar, y que los medios se adecúen al programa, y no en sentido contrario.

BIBLIOGRAFÍA

1. Slutsky AS. History of Mechanical Ventilation. From Vesalius to Ventilator-induced Lung Injury. *Am J Respir Crit Care Med*. 2015;191(10):1106-15.
2. Bellani G, Laffey JG, Pham T, et al. Epidemiology, Patterns of Care, and Mortality for Patients With Acute Respiratory Distress Syndrome in Intensive Care Units in 50 Countries. *JAMA*. 2016;315(8):788-800.
3. Pham T, Heunks L, Bellani G, et al. Weaning from mechanical ventilation in intensive care units across 50 countries (WEAN SAFE): a multicentre, prospective, observational cohort study. *Lancet Respir Med*. 2023;11(5):465-76.
4. Liu P, Lyu S, Mireles-Cabodevila E, et al. Survey of Ventilator Waveform Interpretation Among ICU Professionals. *Respir Care*. 2024;69(7):773-81.
5. Liendo A, Mireles-Cabodevila E. Closing the Gap in Patient-Ventilator Discordance Recognition. *Respir Care*. 2024; 69(2):272-4.
6. Rodríguez-Llamazares S, Arroyo-Hernández LJ, Hernández-Cárdenas CM. Mechanical Ventilation Education for All. *Chest*. 2021;159(1):38-9.
7. Pham T, Beloncle F, Piquilloud L, et al. Assessment of a massive open online course (MOOC) incorporating interactive simulation videos on residents' knowledge retention regarding mechanical ventilation. *BMC Med Educ*. 2021;21(1):1-11.
8. Sela Y, Weiniger CF, Arnon M, et al. A training programme on basic mechanical ventilation for novel trainees during the COVID-19 outbreak. *Br J Anaesth*. 2020;125(4):e389-90.
9. Shiari A, Venkat D, Mohamed A, Lee SJ, Sankari A. Mechanical Ventilation Training Curriculum for Pulmonary Critical Care Fellows during the COVID-19 Pandemic. *ATS Sch*. 2023;4(3):362-71.
10. Barry Issenberg S, Mcgaghie WC, Petrusa ER, Lee Gordon D, Scalese RJ. Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: a BEME systematic review. *Med Teach*. 2005;27(1):10-28.
11. Schroedl CJ, Frogameni A, Barsuk JH, Cohen ER, Sivarajan L, Wayne DB. Impact of Simulation-based Mastery Learning on Resident Skill Managing Mechanical Ventilators. *ATS Sch*. 2(1):34-48.
12. Yee J, Fuenning C, George R, et al. Mechanical Ventilation Boot Camp: A Simulation-Based Pilot Study. *Crit Care Res Pract*. 2016;2016:4670672.
13. Spadaro S, Karbing DS, Fogagnolo A, et al. Simulation Training for Residents Focused on Mechanical Ventilation: A Randomized Trial Using Mannequin-Based Versus Computer-Based Simulation. *Simul Healthc*. 2017;12(6):349-55.
14. Ciullo A, Yee J, Frey JA, et al. Telepresent mechanical ventilation training versus traditional instruction: a simulation-based pilot study. *BMJ Simul Technol Enhanc Learn*. 2019;5(1):8-14.
15. Lino JA, Gomes GC, Sousa NDSVC, et al. A Critical Review of Mechanical Ventilation Virtual Simulators: Is It Time to Use Them? *JMIR Med Educ*. 2016;2(1):e8.
16. Mireles-Cabodevila E, Catullo K, Chatburn RL. Simulation in Mechanical Ventilation Training: Integrating Best Practices for Effective Education. *Respir Care*. 2024;69(11):1468-76.
17. Lee H, Han J-W. Development and evaluation of a virtual reality mechanical ventilation education program for nursing students. *BMC Med Educ*. 2022;22:775.
18. Salameh B, Ayed A, Kassabry M, Lasater K. Effects of a Complex Case Study and High-Fidelity Simulation on Mechanical Ventilation on Knowledge and Clinical Judgment of Undergraduate Nursing Students. *Nurse Educ*. 2021;46(4):E64-9.
19. Havaladar AA, Krishna B, Sampath S, Paramasivam SK. Simulation Training in Hemodynamic Monitoring and Mechanical Ventilation: An Assessment of Physician's Performance. *Indian J Crit Care Med*. 2020;24(6):423-8.
20. Nonas SA, Fontanese N, Parr CR, et al. Creation of an International Interprofessional Simulation-enhanced Mechanical Ventilation Course. *ATS Sch*. 2022;3(2):270-84.
21. Hayashi FK, Sousa MLA, Garcia MVF, Macedo BR, Ferreira JC. Simulation-based Assessment to Measure Proficiency in Mechanical Ventilation among Residents. *ATS Scholar*. 3(2):204-19.
22. Pervaz A, Daoud A, Alchakaki A, et al. A Pilot Standardized Simulation-Based Mechanical Ventilation Curriculum Targeting Pulmonary and Critical Care Medicine and Critical Care Medicine Fellows. *Avicenna J Med*. 2023;13(3):176-81.
23. Rocha de Macedo B, Lima CS, Haydar A, Holanda MA, Hayashi FK, Ferreira JC. Impact of a Competency-based Mechanical Ventilation Course Using Virtual Simulation. *ATS Sch*. 2025;6(2):202-16.
24. Arnal J-M, Garner A, Saoli M, Chatburn RL. Parameters for Simulation of Adult Subjects During Mechanical Ventilation. *Respir Care*. 2018;63(2):158-68.
25. Safadi S, Acho M, Maximous SI, et al. Comparison of Web-Based and On-Site Lung Simulators for Simulation-Based Education in Mechanical Ventilation. *Respir Care*. 2024;69(11):1353-60.
26. INACSL Standards of Best Practice: SimulationSM Simulation Design. *Clinical Simulation in Nursing*. 2016;12:S5-12.
27. Maxworthy JC, Palaganas JC, Society for Simulation in Healthcare, editors. *Defining excellence in simulation programs*. Second edition. Filadelfia: Wolters Kluwer; 2023.
28. De Luca A, Sall FS, Sallier R, Capellier G, Khoury A. Reliability of manikin-based studies: an evaluation of manikin characteristics and their impact on measurements of ventilatory variables. *Anaesthesia*. 2015;70(8):915-21.
29. Gardner R. Introduction to debriefing. *Semin Perinatol*. 2013;37(3):166-74.
30. Eppich W, Cheng A. Promoting Excellence and Reflective Learning in Simulation (PEARLS): Development and Rationale for a Blended Approach to Health Care Simulation Debriefing. *Simul Healthc*. 2015;10(2):106-15.
31. Chatburn RL. The Complexities of Mechanical Ventilation: Toppling the Tower of Babel. *Respir Care*. 2023;68(6):796-820.
32. Adams NE. Bloom's taxonomy of cognitive learning objectives. *J Med Libr Assoc*. 2015;103(3):152-3.

Educación por simulación en la terapia respiratoria: proyección a corto plazo

Diego Natan Rosales, Angélica de Jesús Castolo Pérez,
Rafael Patricio Castañón Rodríguez y Saraí del Carmen Toral Freyre

ANTECEDENTES

La construcción de sistemas de salud más seguros lleva a las escuelas formadoras de personal de salud a buscar estrategias educativas en donde los alumnos aprendan de manera sistemática destrezas y competencias en escenarios que simulen lo más posible a los humanos, con los cuales sus errores puedan ser posteriormente comentados con la intención de que se aprenda de ellos, dando la oportunidad de repetir los ejercicios una y otra vez hasta que el estudiante alcance la competencia de manera óptima. Con la simulación como estrategia educativa en los estudiantes de la licenciatura en Terapia Respiratoria se busca disminuir los errores de la práctica clínica, como señala William Richardson en su prólogo del libro *To Err Is Human*: «Diseñando sistemas que dificulten hacer lo incorrecto y faciliten hacer lo correcto»¹. Una de las estrategias para lograrlo, como está solicitando la Organización Mundial de la Salud desde principios del siglo XXI, es introducir en el currículo la seguridad del paciente como un tema relevante, y dentro de las recomendaciones para favorecerla, entre otras cosas, el uso de simulación como estrategia educativa, la cual enfrenta al alumno a situaciones lo más cerca de la realidad posible con pacientes simulados. Esto provoca que el estudiante en formación pueda aprender de su experiencia y sus errores, previniendo, en lo posible, el daño a pacientes reales, donde un error puede ser fatal o reversible².

La estrategia educativa de simulación, además de permitir desarrollar habilidades técnicas, también permite desarrollar destrezas no técnicas (aptitudes, toma de decisiones, trabajo en equipo, liderazgo, comunicación efectiva, etc.)².

Se tiene el registro de que la simulación clínica tiene sus inicios en 1970, en escuelas formadoras de médicos, pero poco a poco otros profesionales de la salud, como enfermeras y terapeutas respiratorios, han incorporado en sus mallas curriculares esta estrategia con la intención de mejorar la seguridad del paciente y disminuir los errores en el campo clínico frente a pacientes reales.

El uso de la simulación transmite un mensaje clave para quien es entrado con ella: «Los pacientes deben ser protegidos siempre que sea posible». Esta estrategia educativa intenta no exponer a los enfermos al personal de salud con poca experiencia³.

Desde la primera década del siglo XXI, en EE.UU., Canadá y algunos países europeos se han implementado novedosas estrategias pedagógicas en la enseñanza universitaria de carreras en ciencias de la salud, como cambiar los planes de estudios organizados por disciplinas a basarse en competencias o implementar tecnologías de la información y

comunicación, entre ellas la simulación clínica⁴. La intención de los planes de estudios basados en competencias se basa en lo que se desea que los alumnos adquieran, siendo el resultado de la articulación de saberes, habilidades y valores. Los saberes declarativos, procedimentales y valorativos no se aprenden ni enseñan de la misma manera, y tampoco se adquieren únicamente de manera constructiva –relacionando activamente saberes nuevos con otros ya existentes mediante la reorganización de la estructura cognitiva–. Los saberes que sustentan la práctica profesional de un alumno competente se desarrollan alternando el uso de métodos constructivos con asociativos y repetitivos, en diversas y relevantes instancias del aprendizaje. Esto sustenta que la educación por simulación favorece el aprendizaje significativo de los alumnos y el aprendizaje constructivo de modalidades del saber no declarativas, tales como los procedimientos, las habilidades, las técnicas, las estrategias, las emociones y los valores⁴. La etapa de la simulación en donde se da el *debriefing* pudiera ser la de mayor relevancia didáctica, ya que se da la revisión sistemática de lo ocurrido durante un escenario simulado. El alumno reflexiona sobre la experiencia vivida con el propósito de reforzar las prácticas realizadas correctamente y aprende de los errores cometidos, siempre en función de los objetivos propuestos⁴.

La atención de pacientes con enfermedades respiratorias es compleja y amerita personal en salud altamente calificado para su atención, los cuales deben poseer entrenamientos en escenarios controlados que les permitan capacitarse, practicar y desarrollar competencias técnicas y no técnicas⁵.

En EE.UU., durante la pandemia de la COVID-19, los estudiantes de terapia respiratoria abrieron escenarios de simulación como una alternativa para que sus programas educativos continuaran, lo cual evitó exponer a los alumnos a escenarios clínicos en donde existían pacientes infectados y además se disminuyó el consumo de equipos de protección personal⁵. En este mismo contexto de la COVID-19, se llevó a cabo un programa de simulación integrando en los escenarios simulados a diversos profesionales de la salud, enfermeras, fisioterapia, terapia ocupacional, médicos y terapeutas respiratorios en temas de ventilación mecánica y dispositivos de oxigenoterapia y posición prona, pudiendo descubrir que la simulación interprofesional promueve el trabajo en equipo, la confianza, la comunicación y la identidad profesional, preparándolos así para las complejidades de la vida real⁵.

Los temas de la terapia respiratoria que se pueden entrenar desde la simulación son: evaluación del paciente, signos vitales, realización de gasometrías, administración de oxígeno, manejo de la vía aérea y ventilación mecánica, entre otros.

La simulación en la terapia respiratoria permite desarrollar competencias técnicas, pero más allá de eso puede mejorar la toma de decisiones, la conciencia situacional y el liderazgo, la comunicación y la colaboración interdisciplinarias.

La educación por simulación en la terapia respiratoria requiere simuladores de baja y alta fidelidad, así como pacientes estandarizados (personas que actúan como pacientes); dependiendo de la competencia que se desee adquirir, cada uno de ellos tiene su importancia en la construcción del aprendizaje de los alumnos. Los pacientes estandarizados en particular para la terapia respiratoria han demostrado incrementar la confianza de los estudiantes. Otras estrategias son: simuladores de realidad virtual, una experiencia totalmente de inmersión que engaña a los sentidos del usuario haciéndole creer que está en un entorno diferente al mundo real⁶; realidad aumentada, la cual superpone información digital sobre aspectos del mundo real⁶, y realidad mixta, que reúne componentes del mundo real y del digital, donde el alumno interactúa y manipula objetos y entornos

físicos y virtuales, usando tecnologías de detección de imagen de última generación⁶. Estas tecnologías ofrecen una alternativa especialmente en entornos de educación a distancia, en donde los simuladores físicos son inaccesibles⁵.

No debemos dejar de reconocer que, aunque la simulación como estrategia educativa tiene muchos beneficios, también enfrenta desafíos para poder desarrollarla, como el alto costo de los equipos de simulación de alta fidelidad, la adaptación y/o construcción de centros de simulación y su alta inversión financiera, y la capacitación del profesorado en temas de terapia respiratoria y en el manejo de la tecnología de simulación y los tiempos para coordinar simulaciones efectivas⁵.

En un estudio piloto reportado en la literatura científica por Pervaiz, et al., en el que se utilizaron diferentes modelos de simulación (simuladores de alta y baja fidelidad, y virtuales) en temas de ventilación mecánica en médicos residentes de terapia intensiva y de terapia intensiva pulmonar, se demostró que la educación por simulación da buenos resultados, alcanzando las competencias programadas⁷.

La mejora en la autoconfianza que los estudiantes pueden lograr después de un entrenamiento por simulación con pacientes simulados en la competencia de cómo educar a los enfermos en el uso de inhaladores interfiere directamente en la mejora de su comunicación, conocimiento, habilidades, evaluación y compromiso con los pacientes⁸.

Sreedharan, et al. realizan una amplia revisión de la literatura científica, en donde revisan los temas más relevantes que conforman los planes de estudios de los alumnos de terapia respiratoria y las oportunidades que existen para que sean reforzados a través de escenarios de simulación, con simuladores de baja y alta fidelidad, encontrando oportunidades para los temas como en el diagnóstico de enfermedades respiratorias, la exploración de ruidos respiratorios, oxigenoterapia, gases arteriales, manejo de la vía aérea, ventilación mecánica, en procedimientos avanzados y en educación continua⁹.

Finalmente, la evidencia publicada hasta el momento de incursionar la educación por simulación en la formación de terapeutas respiratorios da resultados favorables en relación con la adquisición de competencias técnicas y no técnicas.

EDUCACIÓN POR SIMULACIÓN SESIÓN 1

Módulos y participantes

El curso de simulación de oxigenoterapia se dirige a los alumnos de pregrado que cursan el ciclo de formación básico correspondiente al segundo año de la licenciatura en Terapia Respiratoria y está integrado por los siguientes módulos:

- Fuentes de oxígeno y sistemas de suministro.

Metodología

El programa consta de dos secciones: una virtual –la cual se lleva a cabo a través de una plataforma– y una presencial –que se realiza en el Aula de Destrezas de la Escuela Superior de Terapia Respiratoria (ESTR):

- Sección virtual en plataforma educativa: una semana previa a la práctica presencial, el alumnado recibe vía correo electrónico las instrucciones y el calendario del curso, y se le da acceso a la plataforma virtual.

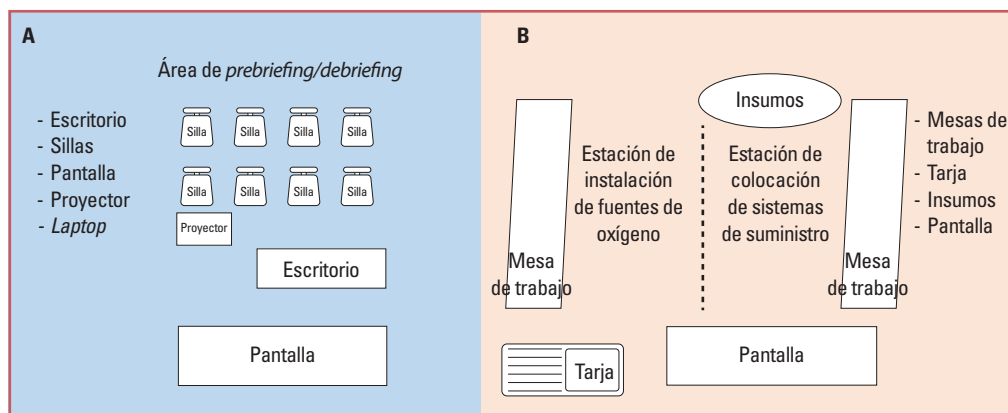


Figura 1. Distribución del espacio en la ESTR. **A:** aula. **B:** Aula de Destrezas.

- Revisión del material de estudio de manera remota y asincrónica: el alumnado consulta recursos digitales, vídeos previamente grabados por los instructores del curso y lecturas académicas para reforzar el conocimiento teórico.
- Evaluación presimulación: el alumnado resuelve una evaluación sumativa de opción múltiple previamente elaborada por los instructores del curso. Para acceder a la práctica presencial, el alumnado deberá aprobar dicha evaluación con una calificación mínima de 8.0
- Sección presencial en el Aula de Destrezas: la sección presencial se lleva a cabo en el Aula de Destrezas de la ESTR y consta de una sesión práctica, con una duración aproximada de 2 h organizada en dos estaciones de trabajo: una para fuentes de oxígeno y otra para sistemas de suministro.

159

Tipos de contenido

- Contenidos procedimentales (saber hacer): uno de los escenarios requerido para el curso es procedimental, donde se entrena la ejecución de procedimientos específicos, como el uso adecuado de fuentes de oxígeno y los sistemas de suministro, y se evalúa la precisión y destreza con la que se realiza el procedimiento.
- Contenido de comunicación, actitudinal y de valores (saber ser y convivir): se pone en práctica el trabajo en equipo y la transferencia de información, y se evalúan las actitudes, normas y valores durante la dinámica de trabajo en equipo que se eligen para desarrollar y fortalecer en el alumnado.

Estética del espacio

El espacio requerido para el curso consta de dos áreas: una destinada al *prebriefing/debriefing* y otra para realizar la simulación propiamente (Fig. 1).

El área para realizar la simulación consta de dos estaciones de trabajo para realizar las prácticas:

- Estación 1: instalación de las fuentes de oxígeno.
- Estación 2: colocación de los sistemas de suministro.

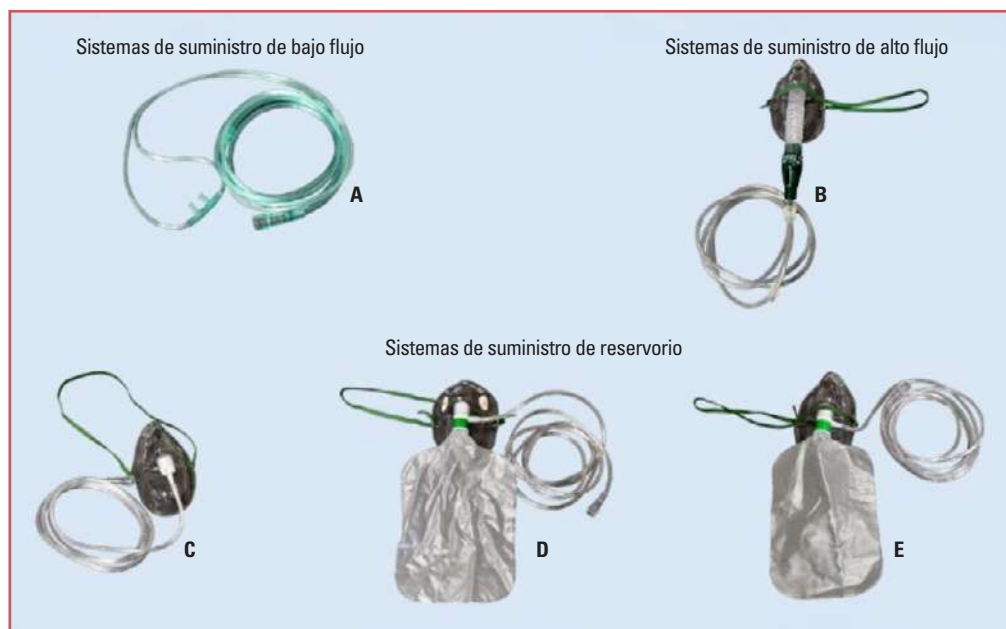


Figura 2. Sistemas de suministro. **A:** puntas nasales. **B:** mascarilla Venturi. **C:** mascarilla simple. **D:** mascarilla con bolsa reservorio de reinhalación parcial. **E:** mascarilla con bolsa reservorio de no reinhalación.

En cada estación se coloca sobre una mesa, cubierta por un campo, los insumos necesarios para cada procedimiento.

Riesgos potenciales

Algunos de los posibles riesgos que implica la práctica de simulación para la instalación de fuentes de oxígeno y colocación de sistemas de suministro se enlistan a continuación:

- El alumno no revisa los recursos didácticos.
- Falta de insumos para la simulación de uso adecuado de sistemas de suministro y fuentes de oxígeno.
- Error de funcionamiento de las fuentes de oxígeno.
- Problemas de conectividad a internet.
- Riesgo de incidentes físicos en los participantes.

Roles y actividades

Para la sesión 1 es importante identificar a los participantes y las funciones que realizará cada uno de ellos, establecer los objetivos de aprendizaje y gestionar los insumos que la simulación requiera (Tabla 1).

Perspectiva futura de la simulación en terapia respiratoria

Hemos ya revisado el origen y utilidad de los escenarios de simulación clínica dentro del entorno de la terapia respiratoria como una gran herramienta para que los estudiantes

Tabla 1. Planeación de simulación sesión 1		
Fuentes de oxígeno y sistemas de suministro		
Objetivos de aprendizaje	Al final de este programa académico, los alumnos serán capaces de: – Reconocer los diferentes tipos de fuentes de oxígeno, su funcionamiento, ventajas, limitaciones y normas de seguridad – Demostrar el uso adecuado de los sistemas de suministro, sus características técnicas, indicaciones clínicas y niveles de fracción inspirada de oxígeno (FiO₂) – Identificar riesgos, complicaciones y acciones preventivas en el manejo de fuentes y sistemas de suministro de oxígeno para la seguridad del paciente y del personal de salud	
Lista de insumos y materiales	Sistemas de suministro (Fig. 2), nebulizador de arrastre de gran volumen, concentrador de oxígeno fijo, concentrador de oxígeno portátil, cilindro de oxígeno, flujómetro y manorreductor	
Momento	Alumnado de la ESTR/participante	Terapeuta respiratorio/facilitador
Actividad previa	El alumnado deberá realizar y analizar los recursos digitales proporcionados de manera remota y asincrónica en la plataforma indicada y respetando la calendarización El alumnado deberá contestar la evaluación del conocimiento teórico y aprobar con una calificación mínima de 8.0 para acudir a la simulación	Elabora el contenido y comparte los recursos digitales vía correo electrónico al alumnado y al experto para que sean realizadas de acuerdo a la calendarización El instructor da acceso al alumnado a la plataforma virtual Otorga una calificación a cada participante de acuerdo a la evaluación Programa y da a conocer las fechas de la simulación en el Aula de Destrezas de la ESTR
Prebriefing	Registra su asistencia y escucha atentamente las indicaciones del facilitador	Genera un ambiente de confianza, explica los objetivos de la práctica y coordina los grupos de participantes Da instrucciones sobre el desarrollo de la práctica, y sobre el reglamento del Aula de Destrezas y el cuidado del equipo
Simulación	Por turnos, cada estudiante instala las distintas fuentes de oxígeno y coloca los sistemas de suministro de manera correcta Cada estudiante menciona las ventajas, limitaciones y medidas preventivas para el manejo de fuentes de oxígeno y sistemas de suministro Los estudiantes que no se encuentren realizando el procedimiento deben mantenerse como observadores en esta parte de la práctica	Prepara las estaciones y verifica que se cuente con el material necesario Supervisa las actividades y observa el desempeño que hay al momento de participar mientras brinda retroalimentación formativa
Evaluación	Cada estudiante realiza de forma individual la instalación de las fuentes y la colocación de los sistemas de suministro de oxígeno sin ayuda del terapeuta respiratorio, con el fin de establecer una evaluación sumativa del proceso	Durante la evaluación, el médico experto no interviene en la práctica del residente, sólo observa y determina la calificación de acuerdo con los criterios establecidos en la lista de cotejo

Tabla 1. Planeación de simulación sesión 1 (continuación)		
Debriefing	Reflexiona sobre su actuación durante la simulación, e identifica fortalezas y áreas de mejora. Comparte con el grupo las decisiones que tomó para instalar y colocar fuentes de oxígeno y sistemas de suministro mencionando las acciones que cambiaría	Con el fin de promover una profunda introspección, genera un ambiente de reflexión y análisis crítico y constructivo del actuar de los estudiantes durante la simulación Hace anotaciones sobre lo mencionado en el <i>debriefing</i> para contribuir al proceso de mejora continua de las prácticas de simulación Da retroalimentación sobre la actividad y el desempeño de los estudiantes durante la práctica de simulación

desarrollen habilidades prácticas y de pensamiento crítico vitales para los programas de entrenamiento y educativos. Para poder hablar sobre los retos y la perspectiva futura de la simulación en el cuidado respiratorio, recordamos primero los beneficios del aprendizaje basado en simulación, en donde se incluye que el principal es la adquisición de competencia y juicio clínico de manera repetida hasta alcanzar un nivel de proficiencia adecuado¹⁰, destacando también en este proceso la oportunidad de mejorar la toma de decisiones y la resolución de errores especialmente en situaciones críticas. Adicional a los beneficios educativos que se han mencionado, incluir la simulación en los programas formativos en terapia respiratoria ofrece el desarrollo de las habilidades de intercomunicación, interrelación y colaboración multidisciplinaria.

Existen retos a enfrentar en la educación basada por simulación, particularmente en el rubro de la implementación, donde como barreras importantes se encuentran los altos costos de los equipos de alta fidelidad como maniqués, laboratorios y herramientas de *hardware* y *software*, las cuales pueden ser prohibitivas para algunos programas educativos con presupuestos limitados¹⁰. Adicionalmente al tema económico, la dificultad para capacitar instructores competentes y que coordinen sesiones de simulación efectivas es también otro reto a enfrentar, ya que los equipos que se utilizan en terapia respiratoria requieren de personal experimentado en la operación de las tecnologías.

Como es de intuir, cuantos más avances tecnológicos tengamos, mayor será la necesidad de incluir simulación en la enseñanza. Según algunos autores, la realidad aumentada y virtual es de las que más estará evolucionando en el corto y mediano plazo, donde, por supuesto, también se une la necesidad de incrementar la investigación en el área de la simulación para la educación en cuidado respiratorio.

Asimismo, autores como Middleton exponen la simulación como un medio eficaz para educar tanto a pacientes como a familiares. En un estudio que se llevó a cabo en 2011 en el Hospital Infantil MacMaster, en la ciudad canadiense de Ontario, se utilizaron simuladores de alta fidelidad para entrenar a pacientes y otros miembros de su familia en el manejo y cuidado de niños con traqueostomía con y sin necesidad de ventilación domiciliaria. El programa de entrenamiento incluyó escenarios en los que se representaron problemas comunes y las emergencias más cotidianas que podrían atender. Los resultados del protocolo fueron tan eficaces que se institucionalizó dentro del hospital, y desde el año 2012 forma parte del estándar de cuidado para este grupo de pacientes¹¹.

Esto nos lleva a extender la recomendación de crear la necesidad de incluir escenarios de simulación dentro de los planes educativos y formativos en terapia respiratoria. Como

rol de educador y parte de sus competencias, el terapeuta respiratorio debe ser capaz de desarrollarse e instruir a otros mediante el uso de la simulación. A futuro, centros formativos como la ESTR del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias Ismael Cosío Villegas (México) poseen el reto de fomentar la enseñanza por simulación, adaptando la metodología propuesta a las condiciones que posee y echando mano de los recursos disponibles, inclusive en ocasiones no tan sofisticados, para la profesionalización de esta profesión en México, en donde recientemente ha implementado el grado de licenciatura, por lo que se requiere que los egresados de este programa por competencias clínicas cuenten con altos niveles de habilidades diagnósticas, de toma de decisiones, resolución de problemas, comunicación y destrezas específicas como parte importante que se incluye en el equipo de atención en el cuidado respiratorio.

BIBLIOGRAFÍA

1. Kohn LT, Corrigan JM, Donaldson MS, editores. To err is human: building a safer health system. Washington, D.C.: National Academy Press; 2000.
2. Fajardo DGE. La simulación en las ciencias de la salud. *Rev Fac Med UNAM*. 2017;60(S1):5-7.
3. Hernández Gutiérrez L, Barona Núñez AV, Durán Cárdenas C, et al. La seguridad del paciente y la simulación clínica. Primer Encuentro Internacional de Simulación | Simex. Ciudad de México: Facultad de Medicina, UNAM; 2017. p. 9-16.
4. Ferrero F. ¿Puede la simulación clínica contribuir al aprendizaje significativo de competencias educativas? Una aproximación constructivista. *Rev Fac Med UNAM*. 2018;60(S1):49-59.
5. Scott JB. Advancing Respiratory Care: The role of simulation in clinical education. *EMJ Respir*. 2024; 12(1):119-22.
6. Arnal Velasco D, Molina Mendoza R, Coloma R, et al. La evolución y el rol de la simulación en la enseñanza de medicina. *Boletín Informativo de la Anesthesia Patient Safety Foundation (APSF)*. 2021;4(2):85-7.
7. Pervaiz A, Daoud A, Alchakaki A, al. A pilot standardized simulation-based mechanical ventilation curriculum targeting pulmonary and critical care medicine and critical care medicine fellows. *Avicenna J Med*. 2023;13(3):176-81.
8. Abdali M, Alilu L, Feizi A. The effect of simulation-based education on patient training correct inhaler technique of nursing students: a randomized controlled trial. *SAGE Open Nurs*. 2024;10:23779608241236108.
9. Sreedharan JK, Gopalakrishnan GK, Jose AM, et al. Simulation-Based Teaching and Learning in Respiratory Care Education: A Narrative Review. *Adv Med Educ Pract*. 2024;15:473-86.
10. Scott JB. Advancing respiratory care: the role of simulation in clinical education. *EMJ Respir*. 2024; 12(1):119-22.
11. Middleton K. Simulation—an invaluable tool in the respiratory therapist's tool kit. *Can J Respir Ther*. 2017;53(4):66-8.

Anexos

OBSERVACIÓN 1

La simulación clínica aplicada a la terapia respiratoria se ha consolidado como una estrategia pedagógica esencial para el fortalecimiento de las competencias profesionales. Este enfoque permite reproducir situaciones clínicas reales en un entorno controlado, seguro y ético, favoreciendo la integración del conocimiento teórico con la práctica clínica.

A través de la simulación, los estudiantes desarrollan habilidades técnicas, pensamiento crítico y capacidad de respuesta ante diversas condiciones respiratorias. En la tabla 1 se describen las principales áreas en las que puede implementarse la simulación dentro del ámbito de la terapia respiratoria, considerando los diferentes contextos y procedimientos que conforman la práctica profesional.

Tabla 1. Módulos de la simulación en terapia respiratoria	
Módulos	Objetivos de aprendizaje Al final de este programa académico, los alumnos serán capaces de:
Oxigenoterapia	– Reconocer los diferentes tipos de fuentes de oxígeno, su funcionamiento, ventajas, limitaciones y normas de seguridad – Demostrar el uso adecuado de los sistemas de suministro, sus características técnicas, indicaciones clínicas y niveles de fracción inspirada de oxígeno – Identificar riesgos, complicaciones y acciones preventivas en el manejo de fuentes y sistemas de suministro de oxígeno para la seguridad del paciente y del personal de salud
Aerosolterapia	– Diferenciar los tipos de dispositivos generadores de aerosol y sus características físicas y técnicas – Seleccionar el equipo y la técnica adecuada según el tipo de medicamento y necesidad del paciente – Aplicar protocolos de administración de medicamentos por vía inhalada en diferentes escenarios clínicos – Evaluar la respuesta terapéutica y prevenir complicaciones asociadas con la aerosolterapia
Ventilación mecánica invasiva y no invasiva	– Explicar los fundamentos fisiológicos y técnicos de la ventilación mecánica invasiva y no invasiva – Reconocer los modos ventilatorios y sus parámetros básicos de ajuste según la enfermedad del paciente – Aplicar criterios de inicio, monitoreo y retirada de la ventilación mecánica – Identificar las complicaciones asociadas y aplicar medidas preventivas – Integrar la valoración clínica y gasométrica para optimizar la asistencia ventilatoria
Manejo de la vía aérea artificial	– Distinguir los diferentes tipos de dispositivos de vía aérea artificial y sus indicaciones – Aplicar técnicas seguras de intubación, aspiración y cuidado de la vía aérea artificial – Reconocer signos de obstrucción, desplazamiento o complicaciones asociadas – Implementar medidas de bioseguridad y prevención de infecciones en el manejo de la vía aérea – Evaluar la permeabilidad y funcionalidad de la vía aérea artificial

(Continúa)

Tabla 1. Módulos de la simulación en terapia respiratoria (continuación)

Módulos	Objetivos de aprendizaje Al final de este programa académico, los alumnos serán capaces de:
Estudios de sueño	– Identificar los principales trastornos respiratorios del sueño y sus manifestaciones clínicas – Reconocer los principios básicos de la polisomnografía y otros estudios diagnósticos – Participar en la preparación y monitoreo del paciente durante el estudio del sueño – Analizar los resultados y correlacionarlos con la función respiratoria del paciente
Valoración del paciente	– Realizar la valoración respiratoria mediante inspección, palpación, percusión y auscultación – Interpretar los signos vitales y parámetros clínicos relacionados con la función respiratoria – Identificar signos de insuficiencia respiratoria y patrones ventilatorios alterados – Elaborar un plan de atención basado en la evaluación inicial y continua del paciente – Integrar la información clínica y paraclínica para una atención integral
Pruebas de función respiratoria	– Operar correctamente los equipos de función respiratoria – Aplicar la técnica correcta para obtener maniobras válidas y reproducibles – Interpretar los resultados de las pruebas de función respiratoria
Asistencia en broncoscopia	– Identificar los componentes, tipos y principios de funcionamiento del broncoscopio flexible y del rígido – Aplicar las normas de bioseguridad y preparación del equipo y del paciente previo al procedimiento broncoscópico – Demostrar las técnicas de asistencia durante la broncoscopia, incluyendo la manipulación segura del equipo, el control de secreciones y la aspiración de muestras – Reconocer las posibles complicaciones intraprocedimiento y posprocedimiento, aplicando protocolos de actuación inmediata
Fisioterapia respiratoria	– Identificar técnicas de fisioterapia respiratoria instrumentadas y no instrumentadas – Aplicar técnicas de higiene bronquial, expansión pulmonar y fortalecimiento acorde a la valoración del paciente – Evaluar la respuesta del paciente al tratamiento mediante parámetros clínicos y funcionales
Manejo de terapias no convencionales (VAFO, IPV, HELIOX)	– Identificar las indicaciones y contraindicaciones del uso de VAFO, IPV y HELIOX – Operar y monitorear equipos especializados de terapias no convencionales – Evaluar la eficacia de la terapia mediante parámetros clínicos y gasométricos

OBSERVACIÓN 2

Tabla 2. Lista de cotejo para evaluación de práctica en simulación			
Criterio	Sí	No	Observaciones
Datos generales de la práctica			
Porta el uniforme completo y cumple las normas de seguridad e higiene	☐	☐	
Verifica el área y el equipo antes de iniciar la práctica	☐	☐	
Revisa la disponibilidad de material y funcionamiento del equipo	☐	☐	
Conocimiento y manejo de las fuentes de oxígeno			
Identifica correctamente los tipos de fuentes de oxígeno (fija y portátil)	☐	☐	
Reconoce los componentes principales del cilindro (válvula, manómetro, flujómetro, regulador)	☐	☐	
Verifica la presión y contenido del cilindro de acuerdo con el manómetro	☐	☐	
Realiza apertura y cierre del cilindro de manera correcta y segura	☐	☐	
Identifica los riesgos asociados al mal manejo del oxígeno	☐	☐	
Manejo de los sistemas de suministro			
Identifica los sistemas de bajo flujo (cánula nasal, mascarilla simple, mascarilla con reservorio)	☐	☐	
Identifica los sistemas de alto flujo (Venturi, nebulizador de arrastre de gran volumen)	☐	☐	
Selecciona el sistema de suministro adecuado según el caso clínico simulado	☐	☐	
Ajusta el flujo de oxígeno de acuerdo con las recomendaciones del dispositivo	☐	☐	
Coloca el dispositivo correctamente en el paciente simulado	☐	☐	
Verifica la comodidad y tolerancia del paciente simulado	☐	☐	
Comunicación y actitud profesional			
Mantiene una comunicación efectiva con el paciente simulado y el equipo	☐	☐	
Muestra actitud profesional, respeto y empatía	☐	☐	
Demuestra seguridad y confianza en la ejecución del procedimiento	☐	☐	

EVALUACIÓN FINAL

Nivel de desempeño	Descripción
Excelente (90-100%)	Cumple todos los criterios de forma precisa y segura
Bueno (80-89%)	Cumple la mayoría de los criterios, con mínimos errores
Regular (70-79%)	Presenta fallas moderadas en la ejecución o en la seguridad
Deficiente (< 70%)	No cumple con los criterios básicos de la práctica

Pruebas de función pulmonar

Rosaura Esperanza Benítez Pérez, Laura Graciela Gochicoa Rangel,
Erika Meneses Tamayo e Ileri Isadora Thirión Romero

INTRODUCCIÓN

Las pruebas de función respiratoria (PFR) son esenciales en la práctica médica, ya que proporcionan información cuantitativa sobre la mecánica pulmonar, el intercambio gaseoso, la ventilación y la respuesta del individuo al ejercicio. Además, son fundamentales para el diagnóstico, seguimiento y tratamiento de enfermedades de alta prevalencia como el asma, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), la fibrosis y otras enfermedades del sistema respiratorio.

Existen tres momentos críticos para obtener un resultado confiable de las PFR: la ejecución de la prueba, la interpretación y el control de calidad; de tal forma que los profesionales de la salud requieren conocer y dominar no sólo la técnica de realización de las diversas PFR, sino también la interpretación de los resultados en el contexto clínico específico de cada paciente.

Con la llegada de internet la simulación fue una realidad en la fisiología respiratoria. La *University of Iowa Hospitals and Clinic* fue pionera en la creación de un sistema virtual de ejercicios y vídeos mediante el cual los usuarios aprendían a interpretar correctamente espirometrías de acuerdo con los estándares de la época, documentando que esta simulación mejoraba las habilidades de interpretación de los resultados¹.

Si bien la simulación en PFR ha representado una gran innovación en términos de enseñanza, también lo ha sido para los fabricantes de los diversos equipos de medición, ya que, a través de dispositivos mecánicos como pulmones artificiales, sistemas de resistencia y modelos que recrean diversas condiciones patológicas y patrones funcionales, han logrado generar equipos más precisos y confiables^{2,3}. A continuación, se describen las principales áreas en que la simulación ha repercutido en las PFR.

EJECUCIÓN DE LAS PRUEBAS DE FUNCIÓN RESPIRATORIA

La mayoría de las PFR requieren cooperación activa del paciente para lograr maniobras aceptables y repetibles. Algunas de ellas resultan más demandantes –como la espirometría, la pletismografía o la prueba de ejercicio cardiopulmonar–, pues exigen un mayor esfuerzo, coordinación y comprensión de las instrucciones. Otras, en cambio, son más sencillas, como la oscilometría, la oximetría de pulso o la prueba de caminata de 6 min⁴. Las PFR que han acumulado mayor experiencia y desarrollo en el ámbito de la simulación son la espirometría y la prueba de difusión pulmonar de monóxido de carbono (DLCO)⁵.

Independientemente del grado de cooperación del paciente, todas las PFR requieren aprender la técnica correcta de ejecución a través de entrenamiento práctico y comprensión

de los principios fisiológicos que las sustentan⁶. Es por ello que la simulación ha emergido como una oportunidad para entrenar al personal de salud en estas competencias antes de llevarlas a cabo en pacientes reales.

A lo largo de los años se han desarrollado diversos cursos de capacitación en PFR, que van desde programas teóricos hasta aquellos con práctica en pacientes reales. En Ciudad de México, en 1995 el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias Ismael Cosío Villegas impartió el primer curso estandarizado de espirometría, basado en los lineamientos del *National Institute of Occupational Safe and Health* de EE.UU. Con presentaciones y materiales originales –incluyendo la traducción de manuales–, este curso se consolidó y posteriormente se ofreció en todo México y varios países de Latinoamérica, con respaldo de asociaciones médicas de prestigio.

Estos programas combinan teoría y práctica. La enseñanza teórica, presencial o virtual, se presenta de forma estandarizada e incluye vídeos que ilustran desde la calibración de los equipos hasta la ejecución de maniobras. En la parte práctica, los alumnos calibran equipos, realizan pruebas primero entre compañeros y posteriormente en pacientes, y analizan estudios con distintos niveles de calidad para identificar errores. Además, se aplican evaluaciones que permiten medir objetivamente el aprendizaje. En algunos cursos, los estudiantes graban vídeos de sus maniobras para recibir retroalimentación personalizada.

Se han incorporado también estrategias de simulación para el control de calidad. Los materiales de soporte incluyen imágenes, vídeos interactivos y recursos proporcionados por los fabricantes de los equipos.

La Sociedad Latinoamericana de Fisiología Respiratoria, fundada en 2017, ha impulsado recursos digitales de libre acceso, como páginas web, blogs (<https://www.solafire.org/blog>) y cápsulas breves que explican técnicas y conceptos básicos. Otras sociedades han seguido estrategias similares, fomentando así la educación continua.

A través de dispositivos y *software* diseñados para imitar el comportamiento del sistema respiratorio humano se ha logrado desarrollar escenarios con pacientes virtuales y artificiales a través del uso de modelos y simulaciones por computadora para estudiar procesos biológicos, enfermedades, tratamientos o dispositivos médicos^{7,8}.

Mediante algoritmos numéricos y físicos se han desarrollado plataformas híbridas de simulación respiratoria que integran en un paciente virtual representaciones de la mecánica respiratoria, la circulación pulmonar y el transporte de gases. Estas herramientas permiten caracterizar distintas enfermedades y evaluar dispositivos en condiciones controladas. En espirometría, la relación entre flujo y volumen pulmonar durante la espiración forzada ha logrado generar espirogramas ilustrativos que facilitan la identificación de diversos patrones funcionales (Fig. 1)^{7,9}.

Una de las limitaciones que se ha observado con los modelos antes mencionados es la necesidad de grandes bases de datos; ante este escenario se han desarrollado simuladores físicos que permiten generar datos subrogados –es decir, representativos de la enfermedad, pero obtenidos de individuos sanos– de forma rápida, reproducible y con base física¹⁰.

La generación de estos dispositivos ha sido a través de componentes sencillos y fáciles de replicar, como tubos (PVC o similares), válvulas unidireccionales y caudalímetros digitales (Fig. 2). Los tubos de diferentes diámetros permiten controlar por separado la resistencia al flujo en inspiración y espiración. Estos simuladores han generado espirometrías que representan un cociente entre el volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV1) y la capacidad vital forzada (FVC) desde > 80% hasta < 20% (simulación de un paciente con obstrucción)¹⁰. Este tipo de simulador físico permite de forma innovadora

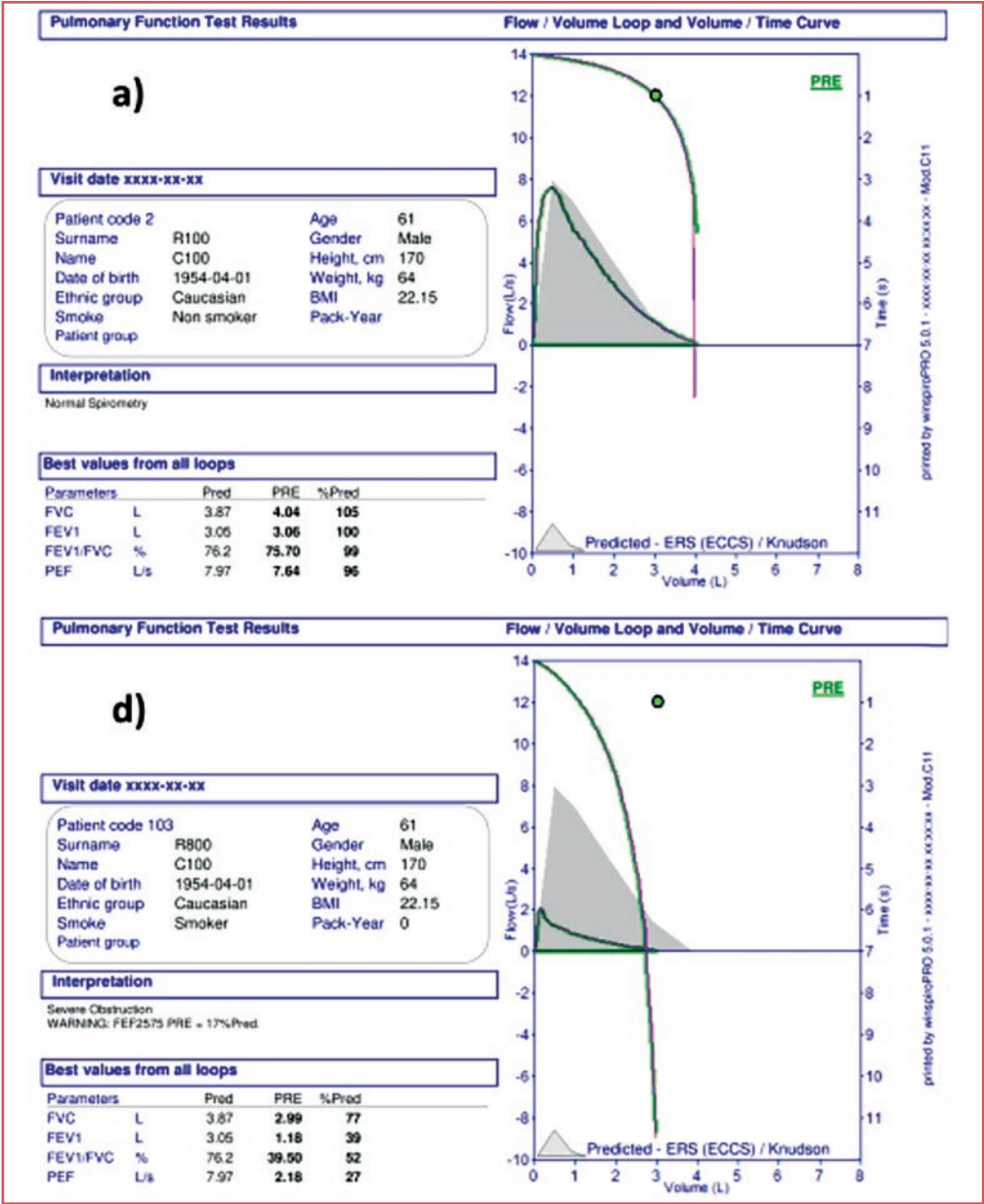


Figura 1. Mediciones espirométricas obtenidas a partir de un simulador respiratorio híbrido, el cual es capaz de reproducir diversos patrones funcionales. El propósito es facilitar al alumno la identificación y diferenciación de dichos patrones (reproducido con permiso de Zielinski, et al.7).

generar datos respiratorios representativos de pacientes con enfermedades obstructivas sin necesidad de realizarlo en pacientes.

Este tipo de herramientas ofrecen la ventaja de integrarse en cursos estandarizados para cada PFR o bien utilizarse como recursos independientes, a los que cada profesional de la salud puede acceder según sus necesidades.

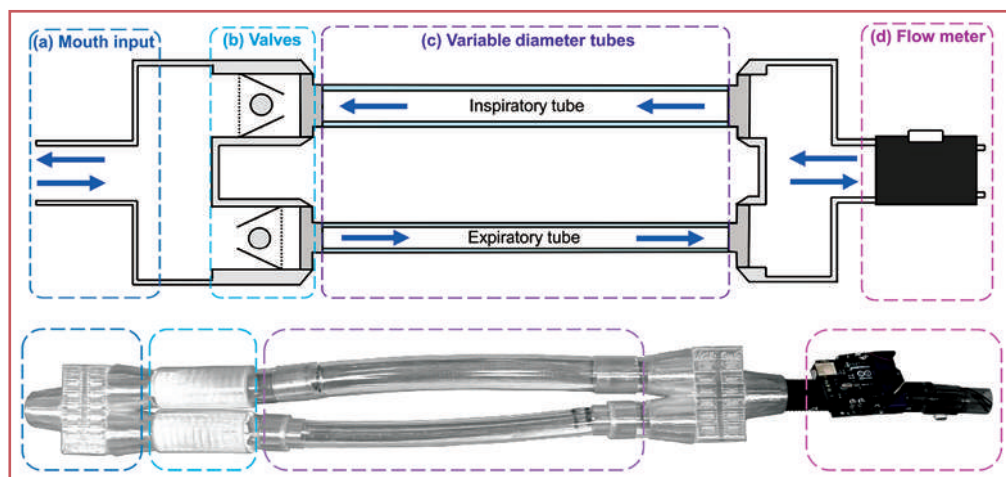


Figura 2. Dispositivo desarrollado para la simulación de distintos patrones respiratorios mediante espirometría (reproducido con permiso de Davies, et al.¹⁰).

La evidencia demuestra que la capacitación estructurada mejora significativamente la calidad técnica de las pruebas, la adherencia a estándares internacionales y la precisión diagnóstica. Este impacto positivo no es sólo inmediato, sino también sostenible en el tiempo. Por ello, la educación médica continua en fisiología respiratoria es una estrategia clave para optimizar la calidad de los estudios, garantizar diagnósticos más confiables y mejorar la atención clínica de los pacientes.

171

SIMULACIÓN PARA LA INTERPRETACIÓN DE PRUEBAS

La interpretación de las PFR representa uno de los pilares fundamentales en la evaluación diagnóstica y pronóstica de las enfermedades respiratorias. A lo largo de las últimas décadas, se han desarrollado diversos estándares y guías clínicas que buscan mejorar la precisión y utilidad de estas pruebas en la práctica médica¹¹⁻¹³. La interpretación de las PFR es compleja y propensa a presentar variabilidad entre médicos, incluso entre neumólogos con experiencia, lo que puede generar errores en el diagnóstico^{14,15}, por lo que es importante complementarla con la experiencia clínica, la variabilidad biológica, la probabilidad preprueba y la incertidumbre inherente a los resultados¹³.

La simulación clínica permite que el aprendizaje se realice en un entorno seguro, disminuyendo riesgos innecesarios en pacientes reales; además, estandariza de manera homogénea la experiencia educativa y puede repetirse las veces que sean necesarias, favoreciendo la accesibilidad¹⁶.

Desafíos en la interpretación de las pruebas de función pulmonar

La interpretación adecuada de las PFR requiere maniobras que cumplan con los criterios de calidad¹⁷⁻¹⁹; las de menor calidad son propensas a una mayor variabilidad en su interpretación^{12,13}.

A pesar de que existen recomendaciones internacionales con algoritmos para interpretación¹³, existen estudios que han revelado una variabilidad significativa entre evaluadores

al determinar el diagnóstico funcional correcto y calificar la gravedad^{14,20} (la coincidencia con el patrón de referencia se estima en el $74.4 \pm 5.9\%$, con una variación del 56 al 88% por individuo)¹⁴. Esto se ha visto asociado al poco entrenamiento de los alumnos durante la formación académica, ya que el acercamiento a la realización e interpretación de las PFR no es consistente entre los programas universitarios²¹, y ha ido disminuyendo en años recientes debido a la modificación de planes académicos que responden a las necesidades actuales²².

Los factores que pueden contribuir a la dificultad en la interpretación de las PFR, además de la poca práctica durante el entrenamiento formal, son la necesidad de integrar múltiples parámetros fisiológicos¹⁷⁻¹⁹ siguiendo distintos patrones funcionales¹³ asociándolos al diagnóstico clínico de acuerdo con diferentes guías²³⁻²⁵ que proponen distintos puntos de referencia, como el cociente $FEV1/FVC < 0.70$ versus el límite inferior de la normalidad, y los criterios de broncodilatación, recientemente actualizados¹³. Todo lo anterior influye en un entrenamiento deficiente durante la formación de la especialidad y contribuye a que se genere una brecha de conocimiento que se perpetúa incluso posterior a la especialización¹⁵.

LA SIMULACIÓN CLÍNICA COMO ESTRATEGIA EDUCATIVA

Para paliar estas deficiencias en el entrenamiento de las PFR, se han realizado desde cursos pequeños²⁶ hasta seminarios virtuales²⁷, que han demostrado ser factibles y eficaces mejorando el rendimiento académico de los médicos en formación.

La simulación clínica facilita la recontextualización del conocimiento fisiológico y complementa la enseñanza tradicional. La combinación de clases teóricas junto con un ambiente controlado donde se desarrollen casos clínicos simulados permite afianzar los conocimientos y ha demostrado mejorar la puntuación en las evaluaciones postintervención²⁸. La implementación de este tipo de modelos parece incrementar la satisfacción de los alumnos y la percepción de utilidad, favoreciendo el aprendizaje a largo plazo²⁹.

Dentro de este ámbito, la simulación clínica puede adoptar diversas formas:

- Casos clínicos a partir de reportes de estudios de pacientes reales, que permiten aplicar los diferentes algoritmos de interpretación existentes con retroalimentación en tiempo real hacia los estudiantes. Esta práctica favorece el aprendizaje e influye en una actitud más positiva del alumnado³⁰.
- Creación de *software* especializado que simula curvas espirométricas, medición de volúmenes pulmonares y de pruebas de DLCO, lo que facilita el análisis visual de cada prueba y determina el grado de incertidumbre respecto a la calidad.
- Realización de evaluaciones formativas con retroalimentación estructurada que identifica los errores más comunes, con el objetivo de promover el razonamiento clínico de los estudiantes³¹.

La interpretación de PFR requiere formación especializada, experiencia y razonamiento crítico; la simulación clínica en este contexto es útil, eficaz y ofrece un ambiente seguro y controlado, adaptando el grado de dificultad a los niveles de aprendizaje; y finalmente esto repercute mejorando el conocimiento y la confianza de los alumnos.

CONTROL DE CALIDAD: DESEMPEÑO DE LOS EQUIPOS DE FUNCIÓN PULMONAR

Los diferentes instrumentos que evalúan la función pulmonar deben arrojar mediciones precisas y exactas que garanticen la fiabilidad de los resultados, y con ello, el diagnóstico y pronóstico certero de las enfermedades respiratorias.

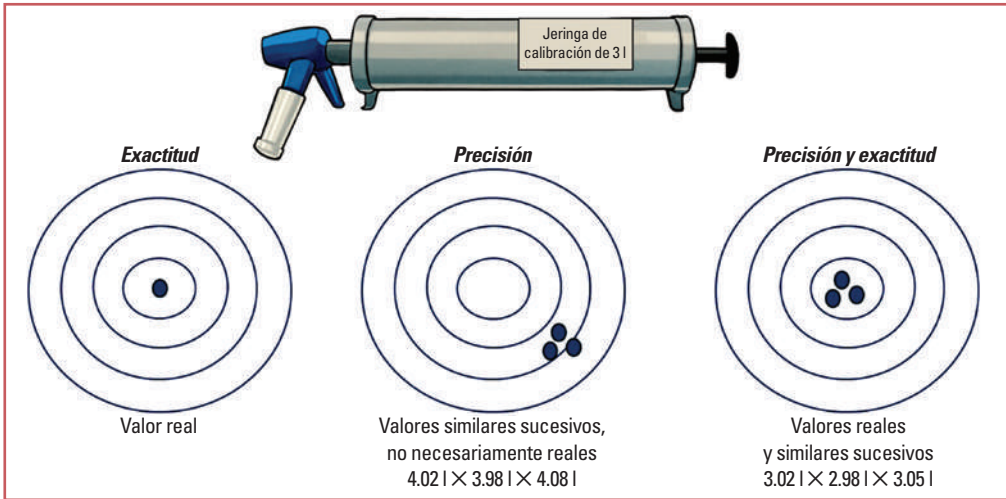


Figura 3. Jeringa de calibración de 3 l; se muestra la precisión y exactitud de la misma³⁶.

La exactitud refleja la capacidad de los instrumentos para obtener el valor verdadero durante una medición; verbigracia, al descargar una jeringa de 3 l en flujos sucesivos de 0.5 a 12 l/s, la medición obtenida deberá ser de 3 l (Fig. 3). La precisión, por otra parte, es obtener resultados similares en mediciones sucesivas, idealmente cercanas al valor verdadero, aunque podrían alejarse. Por ejemplo, una jeringa en buenas condiciones, al descargarse sucesivamente en el sensor, debe reflejar valores muy cercanos a los 3 l; sin embargo si la jeringa tiene una fuga de 0.5 l, al descargarla podría reflejar de manera continua 2.5 l, en vez de 3 l (Fig. 3).

Los equipos de función pulmonar deben cumplir con ambas propiedades de medición (exactitud y precisión) para asegurar que los resultados son ciertos y reproducibles.

En el campo de la fisiología respiratoria, los *software* y equipos de simulación sirven para validar, calibrar y verificar la calibración de los equipos de función pulmonar de forma estandarizada.

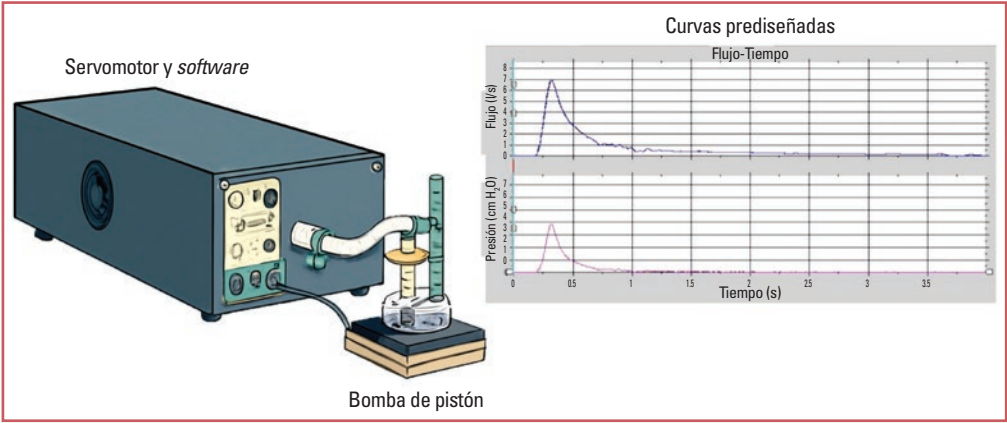
Simulación en la evaluación de los espirómetros y flujómetros

Los espirómetros son equipos que miden volúmenes y flujos inspiratorios y espiratorios a través de sensores³². Los fabricantes de estos equipos deben cumplir los estándares mínimos especificados en la última actualización de la norma ISO 26782 (Tabla 1).

Antes de ser comercializados, los prototipos de espirómetros y flujómetros deben validarse reproduciendo una serie de maniobras de flujo y volumen generadas por un simulador. Éste consiste en una bomba de pistón accionada por un servomotor, acoplado a un *software* con curvas prediseñadas (Fig. 4).

Estas maniobras tienen tamaños y constantes de tiempo distintas que hacen variar el rango de flujo y volumen obtenido, de igual manera presentan velocidades de inicio y tiempos de finalización de la maniobra variables, que permiten evaluar si el equipo calcula con certeza el volumen extrapolado al principio de la maniobra y el fin de la espiración forzada. La reproducibilidad del sensor evaluado en FEV1, volumen espirado forzado a los 6 segundos (FEV6) y FVC debe oscilar ± 10 ml o $\pm 0.5\%$ (el valor que sea mayor) al momento de realizar la descarga de la fuente de aire.

Tabla 1. Perfiles de validación de sensores de flujo con simuladores		
Sensor validado	Maniobras simuladas	Estándar
Flujómetro	Perfiles A y B de pico flujo	ISO 23747:2015
Espirómetro	24 curvas volumen/tiempo 26 curvas flujo/volumen	Standardization of Spirometry, 2005, ATS/ERS
Espirómetro	Perfiles de maniobras C1-C13	ISO 26782:2009



174 **Figura 4.** Simulador de flujo/volumen³⁷.

Otro estándar de simulación internacionalmente aceptado para validar los espirómetros es el sistema de 24 curvas estandarizadas de volumen-tiempo, desarrolladas por la Sociedad Americana del Tórax (ATS), que representan flujos y volúmenes de pacientes hipotéticos y se generan por una jeringa mecánica controlada por un *software* predeterminado³³.

Una vez en el mercado, todo espirómetro debe calibrar o verificar la exactitud de su calibración de manera regular. El procedimiento se realiza descargando el instrumento de calibración (jeringa certificada de 3 l) a través del sensor al menos en tres ocasiones, en un rango de flujos entre 0.5 y 12 l/s (con tiempos de inyección entre 0.5 y 6 s). El resultado final debe arrojar un volumen de $3\text{ l} \pm 90\text{ ml}$ ($\pm 3\%$)³⁴ (Fig. 3).

Se recomienda, idealmente, contar también con un control biológico; es decir, un sujeto sano pulmonar que realice la maniobra de FVC un determinado número de veces hasta conocer su FEV1 y FVC, calculando el límite ± 2 DE superiores e inferiores del promedio de valores obtenidos, como el rango máximo y mínimo de error que puede arrojar el sensor de espirometría, en mediciones semanales subsecuentes con ese mismo sujeto³⁴. En este caso el control biológico simula una jeringa; pero si no se cuenta con control biológico, el mismo instrumento de calibración previamente comentado puede simular con mayor exactitud la maniobra de espirometría¹⁷.

Simulación en la evaluación de los analizadores de gases

Los analizadores de la concentración de una mezcla de gases inhalada y exhalada permiten determinar la transferencia de un gas determinado a través de la membrana

alvéolo-capilar y calcular los volúmenes y capacidades pulmonares por la dilución de algún gas inerte dentro de la mezcla. Al igual que con los espirómetros, su exactitud y precisión en la medición deben evaluarse regularmente.

El estándar establecido por la ATS y la Sociedad Europea Respiratoria (ERS) para determinar la captación de monóxido de carbono en el pulmón mediante el método de respiración única establece realizar las siguientes simulaciones¹⁷:

- Prueba de DLCO con una jeringa de 3 l: se ejecuta semanalmente, en el modo paciente. Se descarga y recarga el émbolo representando una maniobra de volumen corriente, posterior a la cual se descarga por completo la jeringa simulando llegar a volumen residual; se activa la salida del gas y se llena por completo la jeringa, como si se realizara una maniobra de capacidad vital inspiratoria, se permanece en esta posición durante 10 s para representar la apnea y posteriormente se descarga por completo nuevamente la jeringa. El resultado del volumen alveolar debe encontrarse en $3 \text{ l} \pm 300 \text{ ml}$ después del ajuste de las condiciones ambientales a corporales; y el valor resultante de la DLCO debe ser $< 0.166 \text{ mmol} \times \text{min}^{-1} \times \text{kPa}^{-1}$ o $< 0.5 \text{ ml} \times \text{min}^{-1} \times \text{mmHg}^{-1}$.
- Semanalmente también se recomienda realizar maniobras de DLCO a un control biológico o utilizar un simulador de un sujeto estándar, como se muestra en el vídeo³⁵.

DESAÍOS, LIMITACIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS

Lograr que los simuladores repliquen fielmente la complejidad de la función respiratoria humana representa un desafío técnico significativo. Aspectos como la variabilidad individual, factores psicológicos del paciente y condiciones ambientales pueden ser difíciles de representar completamente. Adicionalmente, los sistemas de simulación avanzados requieren inversiones considerables en *hardware* y *software* especializados, mantenimiento y actualizaciones frecuentes, así como capacitación de instructores y espacios físicos adecuados.

175

CONCLUSIONES

La simulación aplicada a las PFR es necesaria dentro de la educación médica en el ámbito respiratorio. El éxito de estos programas dependerá de la capacidad de las instituciones educativas para adaptarse a nuevas metodologías, invertir en tecnologías apropiadas y establecer marcos de evaluación que validen de manera sólida las competencias adquiridas. Apostar por la simulación en PFR no sólo significa innovar en métodos de enseñanza, sino también asumir un compromiso con la excelencia en la atención médica respiratoria del futuro.

BIBLIOGRAFÍA

1. Lum EH, Gross TJ. Telemedical education: teaching spirometry on the Internet. *Am J Physiol.* 1999;276: S55-61.
2. Ninaber MK, Schot R, Fregonese L, Stolk J. A syringe simulation of biological controls for quality assessment of prospective lung volume measurements. *Respiration.* 2008;76:187-92.
3. Hedges KL, Tawhai MH. Simulation of Forced Expiration in a Biophysical Model, With Homogeneous and Clustered Bronchoconstriction. *J Biomech Eng.* 2016;138:061008.
4. Vargas-Domínguez C, Gochicoa-Rangel L, Velázquez-Uncal M, Mejía-Alfaro R, Vázquez-García JC, Pérez-Padilla R, et al. Pruebas de función respiratoria, ¿cuál y a quién? *Neumol Cir Torax.* 2011;70:99-115.

5. Pérez-Padilla R, Torre-Bouscoulet L, Gochicoa-Rangel L, Vázquez-García JC. 20 años de entrenamiento en espirometría en América Latina. *Neumol Cir Torax*. 2016;76:4-6.
6. Wanger J. *ATS Pulmonary Function Laboratory Management & Procedure Manual Third Edition*; American Thoracic Society: New York, 2016.
7. Zielinski K, Golczewski T, Kozarski M, Darowski M. Virtual and Artificial Cardiorespiratory Patients in Medicine and Biomedical Engineering. *Membranes*. 2022;12:548.
8. Viceconti M, Clapworthy G, Van Sint Jan S. The Virtual Physiological Human - a European initiative for in silico human modelling. *J Physiol Sci*. 2008;58:441-6.
9. Golczewski T, Darowski M. Virtual respiratory system for education and research- simulation of expiratory flow limitation for spirometry. *Int J Artif Organs*. 2006;29:961-72.
10. Davies HJ, Hammour G, Xiao H, Bachtiger P, Larionov A, Molyneux PL, et al. Physically Meaningful Surrogate Data for COPD. *IEEE Open J Eng Med Biol*. 2024;5:148-56.
11. Becklake M, Crapo RO. Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies. *Am Rev Respir Dis*. 1991;144:1202-18.
12. Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, Crapo RO, Burgos F, Casaburi R, et al. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J*. 2005;26:948-68.
13. Stanojevic S, Kaminsky DA, Miller MR, Thompson B, Aliverti A, Barjaktarevic I, et al. ERS/ATS technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests. *Eur Respir J*. 2022;60:2101499.
14. Topalovic M, Das N, Burgel PR, Daenen M, Derom E, Haenebalcke C, et al. Artificial intelligence outperforms pulmonologists in the interpretation of pulmonary function tests. *Eur Respir J*. 2019;53:1801660.
15. Ora J, Giorgino FM, Bettin FR, Gabriele M, Rogliani P. Pulmonary Function Tests: Easy Interpretation in Three Steps. *J Clin Med*. 2024;13:3655.
16. Rognoni Amrein G, Benet Bertran P, Castro Salomó A, Gomar Sancho C, Villalonga Vadell R, Zorrilla Riveiro J. La simulación clínica en la educación médica. Ventajas e inconvenientes del aprendizaje al lado del paciente y en entorno simulado. *Medicina Clínica Práctica*. 2024;7:100459.
17. Graham BL, Brusasco V, Burgos F, Cooper BG, Jensen R, Kendrick A, et al. 2017 ERS/ATS standards for single-breath carbon monoxide uptake in the lung. *Eur Respir J*. 2017;49:1600016.
18. Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, Barjaktarevic IZ, Cooper BG, Hall GL, et al. Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. *Am J Respir Crit Care Med*. 2019;200:e70-88.
19. Bhakta NR, McGowan A, Ramsey KA, Borg B, Kivastik J, Knight SL, et al. European Respiratory Society/American Thoracic Society technical statement: standardisation of the measurement of lung volumes, 2023 update. *Eur Respir J*. 2023;62:2201519.
20. Huang YT, Henriquez L, Chen H, Henriquez C. Development and evaluation of a computerized algorithm for the interpretation of pulmonary function tests. *PLoS One*. 2024;19:e0297519.
21. Patout M, Sesé L, Gille T, Coiffard B, Korzeniewski S, Lhuillier E, et al. Does training respiratory physicians in clinical respiratory physiology and interpretation of pulmonary function tests improve core knowledge. *Thorax*. 2018;73:78-81.
22. Vázquez-García JC, Salas-Hernández J, Pérez-Padilla R, Báez-Saldaña AR, Vega-Barrientos RS, Carrillo-Alduenda JL, et al. Neumología y medicina crítica como una especialidad integrada. La respuesta obligada en la era de las pandemias respiratorias. *NCT Neumología y Cirugía de Tórax*. 2020;79:134-40.
23. GINA Global Initiative for Asthma. *Global Strategy for Asthma Management and Prevention*. 2025.
24. GOLD. *Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*. 2025.
25. Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias Ismael Cosío Villegas. *Curso Taller de Espirometría*. 2025.
26. Phillips G. How do we improve training in pulmonary physiology and the interpretation of lung function tests? *Thorax*. 2018;73:2-3.
27. Centeno-Saenz GI, Alvarado-Amador I, Flores-Valadez MA, Benitez-Perez RE, Meneses-Tamayo E, Gonzalez-Castellanos M, et al. Implementation of a Virtual Pulmonary Physiology Course in Latin America. *ATS Sch*. 2024;5:433-41.
28. Bintley HL, Bell A, Ashworth R. Remember to breathe: teaching respiratory physiology in a clinical context using simulation. *Adv Physiol Educ*. 2019;43:76-81.
29. Ulrich LM, Palacios S, Boyer D, Kirkby S. Novel and Engaging Teaching Method for Pulmonary Physiology. *J Med Educ Curric Dev*. 2023;10:23821205231221722.
30. Fisher JM, Walker RW. A new age approach to an age old problem: using simulation to teach geriatric medicine to medical students. *Age Ageing*. 2014;43:424-8.
31. Braun SD, Clayton M, Koschel D, Prescher C, Korndle H, Narciss S. Instructional Training Compared with Self-Study for Pulmonary Function Test Interpretation. *ATS Sch*. 2021;2:566-80.
32. Jongh F. *Spirometers*. 2008.
33. Hankinson JL, Gardner RM. Standard waveforms for spirometer testing. *Am Rev Respir Dis*. 1982;126: 362-4.
34. Benítez-Pérez RE, Cortés-Telles A, Meneses-Tamayo É. Espirometría: actualización del procedimiento y perspectivas pospandemia. *Neumol Cir Torax*. 2023;82:104-24.
35. Sociedad Latinoamericana de Fisiología Respiratoria. *Simulación de DLCO*. 2025. Disponible en: <https://youtu.be/h9mEhwqKkhw>
36. Washington OJ. Control de calidad en el laboratorio de función pulmonar. En: Mazzei JA, editor. *Manual de pruebas de función pulmonar de la fisiología a la práctica*. Rozelle DC, NSW, Australia: Thomson Reuters.
37. Hans Rudolph inc. *Flow/volume Simulator Series 1120*. 2013.

El entrenamiento por simulación: monitoreo polisomnográfico

Martha Guadalupe Torres Fraga, José Luis Carrillo Alduenda
y Juan Sebastián Reyes Silva

ANTECEDENTES

La polisomnografía (PSG) es una herramienta fundamental para la evaluación integral del sueño y sus trastornos. En medicina respiratoria y del sueño su valor es incuestionable, pues constituye la base diagnóstica para trastornos de gran impacto sobre la salud pública, como la apnea obstructiva del sueño. La complejidad técnica de este procedimiento presenta importantes retos en la formación de profesionales que requieren tanto conocimiento teórico como habilidades prácticas precisas. Por eso, la simulación se ha consolidado como una estrategia eficaz para la enseñanza de la PSG, al ofrecer un entorno seguro y controlado donde es posible practicar, corregir errores y adquirir competencias sin comprometer la seguridad del paciente.

177

FUNDAMENTOS DE LA POLISOMNOGRAFÍA

Definición

La PSG es el estándar de referencia para el diagnóstico de una gran cantidad de trastornos del sueño, que se pueden concentrar en: trastornos respiratorios del sueño, hipersomnias, trastornos de movimiento y parasomnias¹. Se define como la colección simultánea de múltiples señales biológicas durante el sueño en tiempo real y que puede ser supervisada en un laboratorio de sueño o colocada y no supervisada en el domicilio del paciente.

Parámetros medidos

De acuerdo con las recomendaciones de la Academia Americana de Medicina de Sueño (AASM)², las señales biológicas que se colectan en una PSG se pueden agrupar de la siguiente manera:

- Neurofisiológicas:
- Electroencefalografía: siguiendo la metodología 10/20 para la colocación de electrodos en la superficie del cráneo, se recomienda que se coloquen tres electrodos bipolares referenciados en sitios donde los grafoelementos que caracterizan al sueño puedan ser identificados: frontal y central para complejos K y husos de sueño, y occipital para el ritmo α de la vigilia relajada. También es recomendable colocar electrodos contralaterales como respaldo.
- Electrooculografía: se colocan dos electrodos en musculatura periorbitaria para la identificación de los movimientos oculares del sueño MOR (movimientos oculares rápidos) y de la transición sueño-vigilia (movimientos oculares lentos).

- Electromiografía: dos electrodos en el mentón se usan para evaluar el tono muscular durante el sueño. También se colocan en tibial anterior para la identificación de los movimientos de las extremidades y, adicionalmente, si se sospecha bruxismo, se ponen sobre la superficie de los maceteros.
- Respiratorias:
 - Flujo aéreo: el flujo aéreo en una PSG estándar que se obtiene de dos formas: con un transductor de presión nasal que transforma las presiones respiratorias en flujo positivo o negativo, o bien con un sensor térmico, también llamado termistor, que grafía la diferencia de temperatura entre el aire inspirado (frío) y el aire espirado (tibio), mostrando cualitativamente el flujo aéreo espontáneo del paciente. Se usa para la identificación de apneas e hipopneas.
 - Flujo y presión de mascarilla: en estudios bajo tratamiento con presión positiva, las señales respiratorias son integradas a la PSG desde los sensores obtenidos por el dispositivo directamente de la mascarilla del paciente.
 - Movimiento o esfuerzo respiratorio: el estándar de oro para la evaluación del esfuerzo respiratorio es un sensor de presión en el esófago, pero esta alternativa no es de uso clínico. En su lugar, se colocan bandas en la circunferencia del tórax y abdomen con algún tipo de sensor de tensión o movimiento: transductor de presión, sensores piezoeléctricos o pletismografía por inductancia, siendo esta última la más precisa cuando se compara con la presión esofágica. Esta señal es crítica para diferenciar eventos centrales de obstructivos.
 - Oximetría de pulso: mide la saturación de oxígeno y las desaturaciones asociadas a eventos respiratorios.
 - Ronquido: se usa un micrófono o sensor de vibración que suele contener también un sensor de posición corporal.
- Cardiovasculares:
 - Electrocardiograma (ECG): se extraen la frecuencia y el ritmo cardíaco, necesarios para evaluar arritmias asociadas con los eventos respiratorios.
 - Frecuencia cardíaca o pulso: se deriva del ECG o de la oximetría.
- Otras variables complementarias:
 - Posición corporal: sensor de postura para identificar trastornos dependientes de la posición al dormir.
 - Vídeo y audio: permite relacionar eventos clínicos (conductas o movimientos anormales) con los hallazgos polisomnográficos.
 - Capnografía transcutánea o al final de la espiración: aunque es una señal opcional, es indispensable para pacientes con hipoventilación. Un ejemplo de todas las variables integradas en un estudio de PSG se muestran en las figuras 1 y 2.

Indicaciones clínicas más comunes de la polisomnografía³

- Trastornos respiratorios del sueño: estándar para el diagnóstico y clasificación de síndromes de apnea obstructiva, central, hipoventilación durante el sueño y control de eficacia de tratamientos de presión positiva o dispositivos orales.
- Trastornos del movimiento durante el sueño: identificación de movimientos periódicos de las piernas, mioclonías y otras conductas motoras.
- Parasomnias: diferenciación de parasomnias no MOR y MOR, en especial el trastorno conductual del sueño MOR.

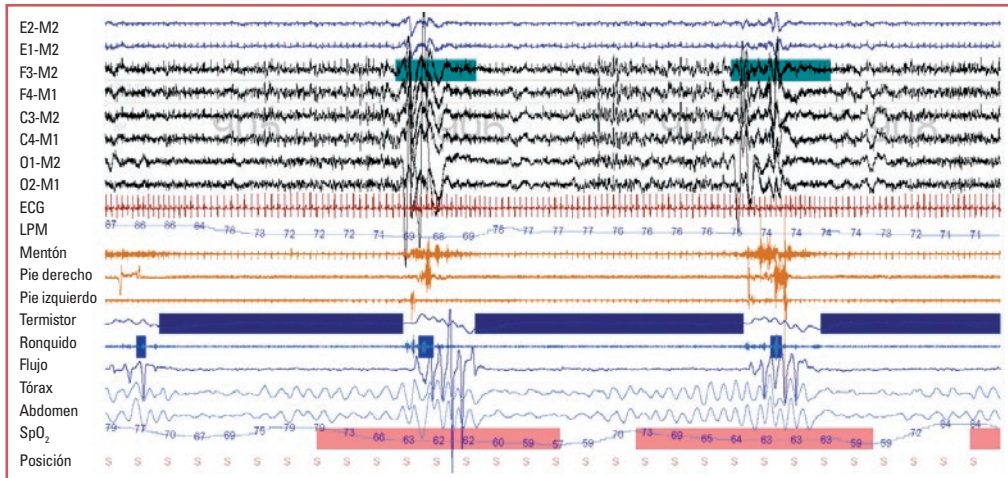


Figura 1. Ventana de 2 min en una PSG estándar, donde se muestran aplanamientos cíclicos en las señales de flujo aéreo (termistor y flujo) mientras se mantiene el movimiento en las bandas de tórax y abdomen como una manifestación de esfuerzo respiratorio persistente, lo que define que una apnea sea clasificada como obstructiva. LPM: latidos por minuto; S: supino.

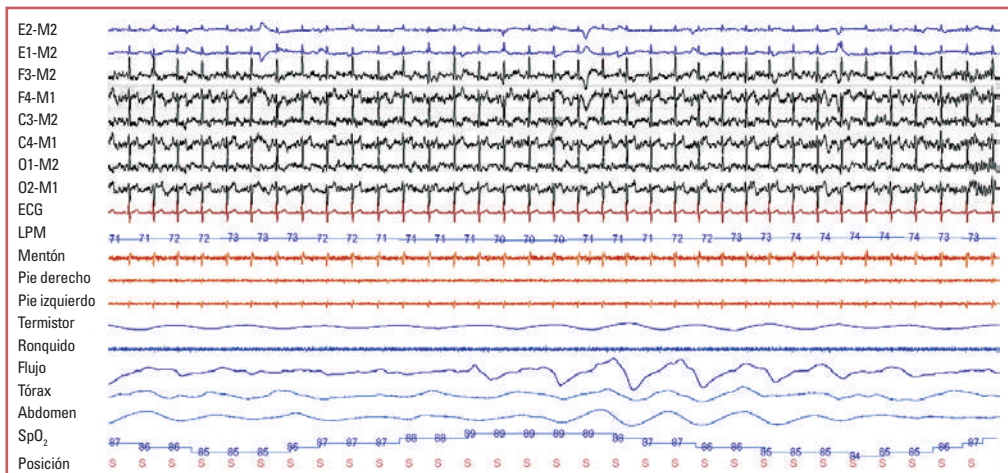


Figura 2. Ventana de 30 s en una PSG estándar en la que se muestra un artefacto de ECG en la actividad electroencefalográfica, electrooculográfica y electromiográfica. LPM: latidos por minuto; R: derecha.

- Hipersomnias: soporte diagnóstico en narcolepsia, hipersomnia idiopática y somnolencia inexplicada.
- Otros: epilepsia nocturna, eventos paroxísticos, efectos farmacológicos o persistencia de síntomas pese a tratamiento.

En síntesis, la PSG se reserva para los casos en los que es necesario un registro objetivo y detallado del sueño y sus alteraciones, para orientar el diagnóstico y el manejo clínico.

COMPETENCIAS A DESARROLLAR CON SIMULACIÓN

Manejo del paciente durante el estudio

Además de nunca perder de vista las políticas y reglamentos de los servicios donde se desempeña, el manejo del paciente se realizará en función del cuadro clínico, sospecha diagnóstica y tipo de PSG a realizar. Será importante comenzar por la identificación del paciente y cuidadores primarios, así como detectar factores de riesgo y/o elementos que puedan entorpecer el estudio; por ejemplo, capacidad cognitiva, capacidad motriz, estado emocional, uso de medicamentos, uso de oxígeno suplementario, presencia de alergias, estados agudizados de cuadros infectocontagiosos, portación de armas, sustancias ilegales, entre otros. De igual manera, es importante indicar con precisión a pacientes y cuidadores primarios qué hacer en caso de siniestros o situaciones de emergencia, cómo prepararse para la instrumentación (colocación de sensores) y qué comportamientos se esperan durante el estudio. Será recomendable que el personal responsable de la elaboración del estudio mantenga una comunicación clara y eficaz con el paciente, así como un ambiente de profesionalismo y cortesía en todo momento. Debido al contacto con el paciente y el manejo de sustancias, será aconsejable el uso de sistemas de ventilación, cubrebocas, guantes y demás equipo de protección personal. El éxito del estudio también dependerá del manejo personalizado del paciente; por ejemplo, en el paciente pediátrico el uso del juego en la instrumentación o un proceso de exposición a los sensores antes del estudio podrían ser apropiados. Cuando el paciente es candidato a un estudio de noche dividida, exponer a la interfaz y la presión positiva por algunos minutos antes de iniciar el estudio, podría disminuir el tiempo de adaptación, reducir el estado de aprensión e incrementar la probabilidad de una titulación óptima. Una vez iniciado el estudio, el personal a cargo deberá estar atento a las necesidades del paciente, calidad del estudio y hallazgos comportamentales relevantes para el diagnóstico. Idealmente la duración y horarios del estudio tendrían que ajustarse al horario principal de sueño del paciente, tiempo de sueño habitual para la edad del paciente y objetivos del tipo de PSG solicitada. Al finalizar el estudio, será apropiado ofrecer un espacio para el aseo personal del paciente en un ambiente privado e higiénico.

Interpretación de registros polisomnográficos-sueño

El manual para la calificación de sueño y eventos asociados de la AASM² representa las directrices generales que buscan homogeneizar la interpretación del registro polisomnográfico. No obstante, documentos y *software* alineados a la versión más reciente del manual podrían complementar el ejercicio de interpretación. Inicialmente, es recomendable que el intérprete cuente con los elementos computacionales recomendados y verifique que los montajes cumplan con los criterios de filtrado y muestreo. Ya que representan puntos de comparación y verificación de la calidad del estudio, será aconsejable que el intérprete revise con detenimiento el proceso de emisión de pulsos de corriente («calibración eléctrica»), calibración biológica e impedancias al principio y final del estudio. Otros puntos clave en la interpretación del registro polisomnográfico son la revisión de la edad del paciente, uso de medicamentos, condiciones clínicas, situaciones previas que pudieron afectar el estudio y situaciones durante el estudio no controladas que hayan impactado negativamente el dormir «habitual» del paciente. Actualmente, el vídeo y audio sincronizados son recomendables en la identificación de artefactos y hallazgos polisomnográficos relevantes en el diagnóstico, por lo que es aconsejable su revisión durante la interpretación.

Un punto de ayuda son las observaciones del personal nocturno, ya que estas pueden dar cuenta de situaciones que en el análisis fuera de línea son imperceptibles. Aunque es una tarea difícil, el intérprete debe memorizar las reglas de estadificación de sueño y eventos asociados más recientes que se aplican a pacientes neonatos, pediátricos y adultos. En este rubro, existen variaciones importantes en los criterios y/o formas de las señales electroencefalográficas, respiratorias y cardíacas. En general, a la identificación de estadios de sueño por épocas de 30 s le sigue la identificación de eventos respiratorios, comportamentales (movimiento) y cardíacos. Otro punto importante del intérprete es mantener un estado de objetividad en la revisión del estudio y evitar cualquier clase de sesgo de confirmación en la sospecha diagnóstica y/o sintomatología reportada o no reportada por el paciente y familiares.

Reconocimiento de eventos respiratorios (apneas, hipopneas, RERA)

En el reconocimiento de las alteraciones respiratorias durante la PSG es recomendable contar con señales fisiológicas provenientes del electroencefalograma, electromiograma y electrooculograma, ya que éstas definen fundamentalmente los estados de sueño-vigilia y transiciones, así como la presencia de alertamientos y alteraciones de movimiento. La AASM recomienda el uso del sensor térmico (termistor/termopar), flujo (transductor de presión nasal o equipo de presión positiva), pletismografía por inductancia (tórax y abdomen), sensores de ronquido y oxímetro de pulso para la identificación de apneas (obstructivas, mixtas y centrales), hipopneas (obstructivas y centrales) y alertamientos relacionados a esfuerzo respiratorio (RERA). Ya que los criterios de marcación de eventos respiratorios están en función de la edad del paciente (neonato, pediátrico o adulto), el primer paso consiste en determinar los criterios aplicables al paciente en cuestión. Posteriormente será apropiado identificar desaturaciones (≥ 3 o 4%), alertamientos, bradicardia (en neonatos y pediátricos), ronquido, incremento/ausencia del esfuerzo respiratorio, respiración paradójica, periodos de inspiración/espriación en el ciclo respiratorio, duración del ciclo respiratorio (en neonatos y pediátricos) y situaciones especiales como administración de oxígeno suplementario y respiración oral. Idealmente las apneas serán identificadas en el termistor/termopar, mientras que las hipopneas y RERA serán identificadas con ayuda de la señal de flujo. La duración de los eventos respiratorios no será menor de 10 s en los adultos o menor de dos ciclos respiratorios o 20 s en pediátricos y neonatos. De forma general, las apneas estarán caracterizadas por el aplanamiento $\geq 90\%$ de la señal térmica, las hipopneas por la disminución $\geq 30\%$ en la señal de flujo y los RERA por el aplanamiento en la porción de la inspiración seguidos de alertamiento (Fig. 1).

Identificación de artefactos técnicos y fisiológicos

El reconocimiento de artefactos y su corrección representan una tarea fundamental en el manejo e interpretación de los estudios polisomnográficos. Cualquier señal fisiológica y no fisiológica (artefacto técnico) que se mezcle con la señal fisiológica o no fisiológica de interés representa un artefacto. De manera general, los artefactos pueden evitarse, disminuirse y/o reconocerse con ayuda de instalaciones eléctricas correctamente aterrizadas y aisladas, uso de material en buen estado, filtros (analógicos y/o digitales) para corriente alterna/pasa altas/pasa bajas, el mantenimiento de impedancias similares e idealmente

entre 100 y 5,000 Ω (en el caso de biopotenciales), uso de tasas de muestreo apropiadas, empleo de sensibilidades adecuadas, uso de resolución digital apropiada (≥ 12 bits), utilización de pixelado adecuado y empleo de montajes diversos. Entre los artefactos comunes en el registro polisomnográfico se encuentran los generados por la actividad electroencefalográfica, electrocardiográfica, electrooculográfica, electromiográfica, respiratoria, movimiento, inadecuado contacto de los electrodos, sudor, ruido eléctrico ambiental y ruido eléctrico/mecánico de aparatos como ventiladores, celulares, etc. (Fig. 2).

TIPOS DE SIMULACIÓN APLICABLES

Podríamos señalar dos enfoques de simulación aplicables en la enseñanza en PSG: la simulación de alta fidelidad y la simulación de baja fidelidad, cada una de ellas con objetivos particulares y complementarios.

La simulación de baja fidelidad se centra en el aprendizaje de habilidades técnicas y procedimientos mediante el uso de modelos anatómicos y equipos de PSG sin la participación de pacientes o trazados reales. Esta modalidad resulta fundamental en la etapa inicial del aprendizaje, ya que permite al alumno desarrollar destrezas prácticas en la colocación de electrodos y sensores, así como en la calibración de equipos y en la resolución de problemas técnicos comunes. La posibilidad de repetir los procedimientos de manera repetida, segura y controlada favorece la consolidación de habilidades psicomotoras y contribuye a disminuir la ansiedad frente al trabajo con pacientes reales.

La simulación de alta fidelidad se refiere al uso de *software* específico de PSG o bases de datos de registros polisomnográficos obtenidos de pacientes reales. Esta forma de simulación permite recrear escenarios clínicos complejos con un alto grado de realismo, facilitando el aprendizaje de conceptos complejos como la identificación de los estadios de sueño, el reconocimiento de eventos respiratorios y neurofisiológicos, así como la aplicación de recomendaciones internacionales (como la AASM)¹ para su interpretación. La exposición a una amplia variedad de registros polisomnográficos que incluyan casos poco comunes confiere a los estudiantes la oportunidad de enfrentarse a escenarios que difícilmente podrían encontrarse en su práctica inicial. La simulación de alta fidelidad permite reforzar el razonamiento clínico, la toma de decisiones y la reducción de errores asociados con la interpretación de datos.

La integración de las dos modalidades descritas ofrece un proceso formativo integral: mientras que la simulación de baja fidelidad fortalece las competencias instrumentales y la familiarización con el equipo, la de alta fidelidad potencia la capacidad analítica, la interpretación de registros y la aplicación del juicio clínico. Y juntas permiten diseñar programas de entrenamiento progresivo que optimizan el adiestramiento, reducen la curva de aprendizaje y mejoran la calidad de la atención futura en medicina del sueño.

VENTAJAS Y DESAFÍOS DEL USO DE SIMULACIÓN EN POLISOMNOGRAFÍA

La simulación puede convertirse en una herramienta innovadora en la enseñanza de la medicina del sueño para la formación de profesionales que realicen estudios de sueño. Su uso permitiría recrear escenarios clínicos complejos en un entorno controlado, con el objetivo de optimizar la adquisición de competencias que suelen ser un reto para el alumno. Sin embargo, su implementación implica también limitaciones y retos que deben considerarse.

Beneficios pedagógicos

El principal valor de la simulación en PSG reside en su capacidad para ofrecer un aprendizaje vivencial seguro. Permite a los estudiantes practicar procedimientos como la colocación de electrodos, calibración de equipos e interpretación de trazos sin riesgo para el paciente. Asimismo, favorece la retroalimentación inmediata, el aprendizaje basado en errores y la repetición de maniobras hasta alcanzar la competencia. Estas características se alinean con modelos de educación centrados en la buena práctica y en el desarrollo de habilidades clínicas de alta precisión. Además, la simulación facilita el entrenamiento en hallazgos poco frecuentes –por ejemplo, la identificación de eventos respiratorios atípicos o la gestión de fallas técnicas–, ampliando la preparación del personal para situaciones reales.

Limitaciones tecnológicas y de implementación

A pesar de sus ventajas, la simulación en PSG enfrenta limitaciones importantes. La primera es tecnológica: los simuladores son poco accesibles para la enseñanza y, en muchos casos, no logran reproducir con exactitud la complejidad de los registros polisomnográficos ni la variabilidad clínica de los pacientes. Además, el costo de los equipos de simulación, el *software* especializado y la infraestructura necesaria puede resultar elevado, dificultando su uso en entornos con recursos limitados. El diseño e implementación de programas de simulación exige personal capacitado y tiempo adicional para su integración, lo que puede constituir una dificultad en instituciones de alta carga asistencial.

183

Consideraciones éticas y logísticas

Desde la perspectiva ética, la simulación contribuye a reducir la exposición de pacientes a errores derivados del aprendizaje, lo cual constituye un beneficio directo en términos de seguridad y calidad. No obstante, también se corre el riesgo de una falsa sensación de competencia si la formación no se complementa con experiencias clínicas supervisadas en pacientes. En el plano logístico, se requiere una planificación adecuada para asegurar la disponibilidad de espacios, tiempos y recursos humanos que permitan sesiones de simulación efectivas, evitando que esta modalidad se convierta en una actividad aislada o poco integrada al proceso formativo.

PERSPECTIVAS FUTURAS

La enseñanza de PSG mediante simulación tiene un gran potencial para optimizar el proceso formativo de personal de salud a todos niveles. Más allá de las aplicaciones actuales, perspectivas futuras prometen transformar la manera en que se diseñan e implementan los programas educativos en este campo. Se destaca la integración de la inteligencia artificial (IA) y el análisis automático de registros, así como el desarrollo de programas de formación continua y educación a distancia basadas en simuladores virtuales. La integración de estos recursos impactará tanto en la enseñanza como en la práctica clínica. Los algoritmos de IA, capaces de realizar el preanálisis y clasificación de eventos, microdespertares y fases de sueño, ofrecen la posibilidad de entrenar a los estudiantes en entornos donde los sistemas automáticos actúan como tutores o guías. Al inicio del entrenamiento, la IA podría emplearse para comparar la interpretación del alumno con la

clasificación automatizada, reforzando el aprendizaje mediante retroalimentación inmediata, ya que los sistemas de análisis automático permiten el acceso a grandes volúmenes de datos clínicos, mejoran la curva de aprendizaje y familiarizan a los estudiantes con las herramientas tecnológicas más habituales en los laboratorios de sueño.

La educación a distancia con simuladores virtuales es una estrategia clave frente a la creciente necesidad de capacitación permanente en medicina del sueño, pues posibilita la práctica asincrónica, flexible y adaptada a las necesidades individuales, resolviendo las limitaciones de tiempo, espacio y disponibilidad de casos reales. Esta modalidad abre la puerta a programas de certificación basados en la práctica simulada, así como a la estandarización de competencias entre distintos centros de formación. Además, la enseñanza virtual facilita la creación de comunidades de aprendizaje internacionales, en las cuales se pueden compartir trazados, escenarios clínicos simulados y protocolos de manejo.

Estas dos estrategias perfilan un futuro en el que la enseñanza de la PSG será más accesible, precisa y personalizada.

CONCLUSIONES

En resumen, la simulación en PSG representa una valiosa alternativa pedagógica para la adquisición de competencias técnicas y clínicas, siempre que se reconozcan sus limitaciones tecnológicas y los retos de implementación. Su uso ético y planificado, junto con la práctica clínica supervisada, podría ofrecer un balance adecuado entre la seguridad del paciente y la eficiencia formativa.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Academy of Sleep Medicine. International classification of sleep disorders. 3.^a ed. Darien, IL: American Academy of Sleep Medicine; 2014.
2. Troester MM, Quan SF, Berry RB, et al.; for the American Academy of Sleep Medicine. The AASM Manual for the Scoring of Sleep and Asasiated Events: Rules, Terminology and Technical Specifications. Versión 3. Darien, IL: American Academy of Sleep Medicine; 2023.
3. Kushida CA, Littner MR, Morgenthaler T, Alessi CA, Bailey D, Coleman J Jr, et al. Practice parameters for the indications for polysomnography and related procedures: an update for 2005. *Sleep*. 2005;28(4):499-521.

Educación por simulación de la auscultación de ruidos respiratorios

Saraí del Carmen Toral Freyre, Yadira Guadalupe Rodríguez Reyes
y Alejandra Renata Báez Saldaña

INTRODUCCIÓN

Las competencias como metodología educativa representan hoy uno de los principales retos en la formación del personal de salud. La educación médica basada en competencias no sólo busca garantizar la adquisición de conocimientos científicos, sino también fomentar la comunicación efectiva, el profesionalismo y la ética clínica. Una de las estrategias más poderosas para alcanzar estos objetivos es la educación por simulación. Esta metodología permite al estudiante practicar y perfeccionar habilidades en un entorno seguro, antes de enfrentarse a la complejidad y variabilidad de los pacientes reales. Gracias al *debriefing* estructurado, los alumnos identifican sus áreas de oportunidad y desarrollan un aprendizaje reflexivo, asegurando así un progreso real en sus competencias. La simulación también facilita la detección de cuándo un estudiante ha adquirido actividades profesionales confiables, es decir, tareas que puede realizar de manera autónoma y segura en la práctica clínica¹. En este sentido, se convierte en un puente entre el aula y la atención al paciente, preparando a los futuros profesionales para enfrentar con destreza y confianza los escenarios clínicos reales.

185

LA AUSCULTACIÓN COMO COMPETENCIA ESENCIAL

Entre las competencias básicas que deben adquirir los estudiantes de medicina, enfermería y terapia respiratoria se encuentra la exploración del tórax, con especial énfasis en la auscultación de ruidos respiratorios. Este procedimiento no debería abordarse únicamente como un tema más dentro de un programa académico, sino como una competencia completa que incluya:

- Objetivo educativo claro.
- Resultados de aprendizaje esperados.
- Estrategia de evaluación estructurada.

La enseñanza de esta habilidad debe integrar no sólo el conocimiento técnico, sino también dimensiones humanas como la comunicación con el paciente, el profesionalismo y la ética. De esta manera, el estudiante no sólo aprende a reconocer sonidos pulmonares, sino que también desarrolla la seguridad y confiabilidad necesarias para realizar el procedimiento en un paciente real².

El valor de la simulación en la enseñanza

Adoptar modelos educativos basados en simulación implica un cambio profundo en la práctica docente. No se trata únicamente de replicar escenarios clínicos, sino de diseñar experiencias que integren:



Figura 1. Centro de Simulación del INER. Simulación de la competencia auscultación de ruidos respiratorios en simulador de alta fidelidad (estudiantes del 3.^{er} semestre de la licenciatura en Terapia Respiratoria de la ESTR).

186

- Conocimientos teóricos.
- Habilidades técnicas.
- Razonamiento clínico.
- Emociones y valores.
- Reflexión crítica.

Este enfoque integral beneficia, en primer lugar, a los pacientes, al asegurar profesionales mejor preparados; y en segundo lugar, a los propios estudiantes, quienes logran desarrollar destrezas que muchas veces son difíciles de adquirir en la práctica clínica habitual³.

Evidencia del impacto de la simulación en la auscultación

Kuriyama, et al.⁴ demostraron con el uso de un simulador de alta fidelidad modelo SAM II que la enseñanza de la auscultación de ruidos respiratorios mediante simulación no sólo mejora la precisión diagnóstica, sino también la confianza del estudiante. Un alumno seguro de su capacidad técnica tiende a realizar una exploración más detallada y completa, lo cual repercute directamente en la calidad de la atención clínica. En el Centro de Simulación del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias Ismael Cosío Villegas (INER), utilizamos un simulador de alta fidelidad (Fig. 1) y un dorso de mediana fidelidad (Figs. 2 y 3) para la educación de la competencia de ruidos respiratorios en los alumnos de la Escuela Superior de Terapia Respiratoria (ESTR) de las carreras de Técnico Superior Universitario en Inhaloterapia (TSUI) y de la licenciatura en Terapia Respiratoria (Fig. 4).

En un estudio se señala que, para lograr un aprendizaje realmente efectivo, se deben integrar los cuatro pilares del ciclo de aprendizaje de Kolb⁵:

- Experiencia concreta: vivir o experimentar directamente una situación o hecho.
- Observación reflexiva: observar y reflexionar sobre la experiencia experimentada.



Figura 2. Centro de Simulación del INER. Dorso para auscultación de ruidos respiratorios en simulador de mediana fidelidad.



Figura 3. Centro de Simulación del INER. Simulación de la competencia auscultación de ruidos respiratorios en simulador de mediana fidelidad (estudiantes del 3.º semestre de la licenciatura en Terapia Respiratoria de la ESTR).



Figura 4. Centro de Simulación del INER. Simulación de la competencia auscultación de ruidos respiratorios en simulador de mediana fidelidad (estudiantes del 5.º cuatrimestre de la carrera de TSUI de la ESTR).

- Conceptualización abstracta: analizar la experiencia y formular teorías o conceptos.
- Experimentación activa: aplicar lo aprendido a nuevas situaciones mediante la experimentación.

Estas etapas se repiten en un ciclo continuo, que facilita un aprendizaje más profundo y efectivo a través de la experiencia y la reflexión.

Kaminsky, et al.⁶ desarrollaron una sesión para enseñar a estudiantes de medicina de segundo año a distinguir entre sonidos respiratorios normales y patológicos en el contexto de viñetas clínicas. Los docentes facilitadores, en colaboración con educadores de pares cercanos, utilizaron un maniquí de auscultación de alta fidelidad para guiar a

los estudiantes en la resolución de problemas basados en casos clínicos. Los estudiantes tuvieron la oportunidad de auscultar el maniquí mientras eran observados y recibían retroalimentación del profesorado. Con su estudio concluyeron que la formación adecuada del profesorado es crucial para su implementación. Debido a su enfoque en la práctica deliberada, se debe asignar el tiempo adecuado para realizar la sesión. Este programa es reproducible con un simulador similar de alta fidelidad.

En América Latina, Báez-Saldaña, et al. han desarrollado materiales tutoriales e interactivos que sistematizan la enseñanza de la exploración física toracopulmonar –incorporando inspección, palpación, percusión y auscultación–. Estos recursos complementan la práctica presencial y favorecen el aprendizaje autónomo⁷.

En este capítulo revisamos estándares internacionales relevantes para la enseñanza por simulación. La *International Nursing Association for Clinical Simulation and Learning* (INACSL), dedicada a la educación por simulación y a la acreditación de centros formadores, ha demostrado resultados exitosos que pueden adaptarse e implementarse en nuestros programas¹. La *Promoting Excellence and Reflective Learning in Simulation* (PEARLS) propone un enfoque híbrido de *debriefing* que combina varios estilos con un guion flexible, lo que resulta altamente transferible a escenarios de auscultación respiratoria³. Asimismo, la *Society for Simulation in Healthcare* ofrece acreditación de centros y certificación de profesionales en enseñanza por simulación, contribuyendo a la mejora de la calidad en los centros de simulación a nivel mundial⁸.

¿Por qué simular los ruidos respiratorios?

188

Esto podría explicarse porque la variabilidad de la frecuencia de presentación de ciertos ruidos pulmonares hace que los estudiantes en salud no siempre logren escucharlos durante su formación clínica. Sonidos como estertores finos, estridor o frote pleural pueden pasar desapercibidos sin un banco estandarizado de casos en las áreas de enseñanza de las universidades formadoras en licenciaturas de la salud. Además, la práctica repetida requerida para alcanzar el conocimiento de esta competencia en pacientes reales puede ser poco ética y generar molestias innecesarias. La educación por simulación de auscultación de ruidos respiratorios es segura, equitativa y reproducible^{4,6}.

La simulación de la auscultación pulmonar es una herramienta clínica de gran valor, pero presenta limitaciones en la reproducibilidad entre observadores. La literatura científica reciente destaca la necesidad de estandarizar la nomenclatura, clasificar adecuadamente los ruidos y entrenar a estudiantes mediante simulación⁸⁻¹¹.

CLASIFICACIÓN DE LOS RUIDOS RESPIRATORIOS

La auscultación pulmonar se fundamenta en la identificación de sonidos normales y anormales, cuya clasificación estandarizada permite un lenguaje común entre profesionales de la salud. Actualmente, los ruidos respiratorios se agrupan de la siguiente manera (Tabla 1):

- Ruidos normales: traqueal, respiración bronquial y pulmonar.
- Ruidos anormales que a su vez se dividen en musicales y no musicales:
 - Musicales: estridor, sibilancia y roncus.
 - No musicales: estertor fino, estertor grueso y frote pleural.

Tabla 1. Ruidos respiratorios normales y anormales durante la auscultación

Ruidos respiratorios normales musicales	Características clínicas	Correlación clínica
Traqueal	Sonido hueco y no musical, audible durante ambas fases del ciclo respiratorio (inspiración y espiración)	Generado por el transporte intrapulmonar, refleja la permeabilidad de las vías respiratorias superiores. Puede volverse más ruidoso o incluso musical si se altera dicha permeabilidad (p. ej., estridor)
Respiración bronquial	Suave, no musical, audible en ambas fases del ciclo respiratorio (simula el sonido traqueal)	Indica una vía aérea permeable rodeada de tejido pulmonar sano; sin embargo, puede aumentar su intensidad cuando el tejido pulmonar que lo rodea se encuentra consolidado (p. ej., neumonía)
Pulmonar (vesicular)	Sonido suave y no musical, audible únicamente durante la inspiración y en las primeras fases de la espiración	Se reduce por factores que afectan a la generación del sonido o en el caso de obstrucción grave de las vías respiratorias, o por factores que afectan a su transmisión, como daño pulmonar (p. ej., enfisema, bulas), derrame pleural o neumotórax
Ruidos respiratorios anormales musicales	Características clínicas	Correlación clínica
Estridor	Tono alto, audible sobre las vías respiratorias superiores o a distancia sin necesidad de estetoscopio	Indica obstrucción de las vías aéreas altas y se asocia con lesiones extratorácicas cuando se presenta en inspiración (p. ej., laringomalacia, lesión en las cuerdas vocales o lesión postextubación); con lesiones intratorácicas se escucha en espiración (p. ej., traqueomalacia, bronqueomalacia o compresión extrínseca); y con lesiones fijas cuando es bifásico (p. ej., crup, parálisis de ambas cuerdas vocales, tumor o membrana laríngea)
Sibilancia	Tono alto, audible durante inspiración, espiración o ambas fases	Cuando es localizada, sugiere obstrucción de las vías respiratorias (p. ej., cuerpo extraño, tumor); está relacionada con limitación del flujo de aire cuando las sibilancias son audibles en todos los campos de auscultación pulmonar (p. ej., en asma, EPOC); el grado de limitación del flujo de aire es proporcional al número de vías respiratorias que producen sibilancias; puede estar ausente si el flujo de aire es demasiado bajo (p. ej., en asma severa, enfisema)
Roncus	Musical, de tono bajo, similar a un ronquido; de tono más bajo que la sibilancia; puede escucharse durante inspiración, espiración o ambas fases	Se asocia con la ruptura de películas de líquido y una colapsabilidad anormal de las vías respiratorias; a menudo desaparece con la tos, lo que sugiere una participación de las secreciones en las vías aéreas mayores; es inespecífico; es común en el estrechamiento de las vías respiratorias causado por engrosamiento o edema de la mucosa, o por broncoespasmo (p. ej., bronquitis y EPOC)

(Continúa)

Tabla 1. Ruidos respiratorios normales y anormales durante la auscultación* (continuación)		
Ruidos respiratorios normales musicales	Características clínicas	Correlación clínica
Ruidos respiratorios anormales no musicales	Características clínicas	Correlación clínica
Estertor fino	Breve y explosivo; audible durante la inspiración media-tardía y ocasionalmente en la espiración	No se modifica con la tos y no está relacionado con secreciones; se asocia con varias enfermedades (p. ej., enfermedades intersticiales, insuficiencia cardíaca congestiva, neumonía). Puede ser el signo más temprano de las enfermedades intersticiales, incluyendo neumoconiosis, incluso antes de detectar cambios en la radiografía de tórax
Estertor grueso	Sonidos breves y explosivos; audible en la inspiración temprana y a lo largo de toda la espiración	Se modifica con la tos y se transmite a la boca. Indica apertura intermitente de las vías respiratorias y puede estar relacionado con secreciones (p. ej., en bronquitis crónica)
Frote pleural	Sonidos explosivos y bifásicos; normalmente se escucha en las regiones basales	Se asocia con inflamación de la pleura o tumores pleurales
Grasnido o squawk	Sonido mixto, similar a un estertor, con un componente musical breve (sibilancia corta), acompañado o precedido por estertores	Se asocia con afecciones que afectan a las vías respiratorias distales; puede sugerir neumonía por hipersensibilidad u otras formas de enfermedad pulmonar intersticial. En pacientes con estado agudo, también puede indicar neumonía

*Bohadana, et al., en sus estudios subrayan la base fisiológica y acústica de estos sonidos y la importancia de comprender los mecanismos generadores para interpretarlos correctamente⁹.
Adaptado de Bohadana, et al.⁹.

TECNOLOGÍA APLICADA A LA SIMULACIÓN DE RUIDOS RESPIRATORIOS

El avance tecnológico ha potenciado la enseñanza de la auscultación al ofrecer equipos y dispositivos diseñados específicamente para la práctica segura y estandarizada. Entre los más relevantes se encuentran maniqués de auscultación, estetoscopios digitales, visualización de sonidos mediante espectrogramas, dispositivos de inserción de sonidos como el Ventriloscope® y la telesimulación en tiempo real^{6,11}.

El diseño de estas competencias sustentado en esta tecnología debe considerar objetivos específicos, secuenciación de dificultad y práctica deliberada.

En el Centro de Simulación del INER Ismael Cosío Villegas se lleva a cabo práctica de auscultación de ruidos respiratorios a través de un maniquí (Figs. 1-4), el cual tiene disponible la generación de los 10 ruidos respiratorios (normales y anormales) descritos en la tabla 1. Previo a la práctica, el estudiante recibe el material didáctico (*prebriefing*) referente a los ruidos respiratorios descritos con el nombre, descripción, correlación clínica y sitio anatómico en donde se ausculta. Una vez llegada la práctica, al inicio de la misma

se realiza una evaluación teórica de la información recibida para crear el contexto de la simulación que estarán por revisar (activación). Una vez finalizada, el profesor a cargo de la práctica presenta el maniquí y, a través de un control remoto, programa el ruido respiratorio a generar por el maniquí (estaciones de auscultación), mientras que el estudiante, con el uso de un estetoscopio, ausculta el ruido emitido (Figs. 1 y 3) y designa el nombre del ruido respiratorio correspondiente. Una vez completada la práctica, se explican los ruidos respiratorios revisados (integración), se reflexiona y discuten las respuestas otorgadas por los participantes (Fig. 4) y finalmente se realiza una última evaluación (*debriefing*)³.

ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN

Para garantizar que la competencia en auscultación se adquiera de manera objetiva y verificable, se recomienda utilizar metodologías estandarizadas como el examen clínico objetivo estructurado, acompañado de listas de cotejo y rúbricas (Tabla 2). Dichas sesiones incluyen *prebriefing*, activación, estaciones de auscultación, integración y *debriefing*, previamente mencionados.

La evaluación puede realizarse mediante un examen clínico objetivo estructurado, con puntos anatómicos ocultos, lista de cotejo y rúbricas^{5,11}.

INNOVACIONES Y TENDENCIAS

El siglo XXI ha traído consigo nuevos retos y oportunidades en la enseñanza de la auscultación pulmonar. Entre ellos destacan la variabilidad interobservador, el análisis digital y la inteligencia artificial, así como la telesimulación avanzada, que ofrecen oportunidades para mejorar la objetividad y la docencia. Estas herramientas emergentes complementan a los simuladores tradicionales y permiten una retroalimentación inmediata¹¹.

Las tendencias también incluyen telesimulación (Figs. 5 y 6), práctica con ruido ambiental controlado y evaluación adaptativa de dificultad¹².

CONCLUSIONES

La educación por simulación aplicada a la auscultación de ruidos respiratorios se ha consolidado como una herramienta pedagógica de alto valor. Su implementación, alineada con los estándares de la INACSL y acompañada de un *debriefing* estructurado, acelera el aprendizaje, eleva la calidad del examen físico y fortalece la seguridad del paciente.

El reto actual es doble: capacitar a los docentes en educación por simulación y asegurar el acceso equitativo a estas tecnologías. Invertir en simulación no es sólo una apuesta por la innovación, sino una necesidad urgente para formar generaciones de profesionales de la salud capaces de actuar con precisión, ética y seguridad en escenarios clínicos reales.

Respuestas (Tabla 2):

*Características óptimas para evaluar un paciente:

- Habitación con temperatura confortable, aislada de ruidos y luz velada.
- Paciente sentado con los brazos hacia delante descansando sobre las rodillas.
- Para las axilas y regiones laterales, debe alzar el brazo y colocarlo detrás de la cabeza flexionada, poniendo la mano sobre el parietal contralateral.
- Tórax desnudo.
- En el caso de piel muy velluda, humedecerla para evitar el falso estertor crepitante que pueden ocasionar.

Tabla 2. Rúbrica de ruidos respiratorios						
Rúbrica de ruidos respiratorios + Puntos en auscultación						
Criterio a evaluar	Puntuación					Total
Menciona las características óptimas para evaluar a un paciente*	0	1	2	3	4	Puntuación máxima 4
	Menciona hasta 2 puntos	Menciona 3	Menciona 4	Menciona 5	Menciona los 6	
Identifica el ruido respiratorio normal o anormal†		Sí lo reconoce	Sí lo reconoce + Menciona el sitio anatómico correcto en donde se ausculta	Sí lo reconoce + Menciona el sitio anatómico correcto en donde se ausculta + Reconoce el ruido y describe sus características (tono y ciclo respiratorio que abarca)	Sí lo reconoce + Menciona el sitio anatómico correcto en donde se ausculta + Reconoce el ruido y describe sus características (tono y ciclo respiratorio que abarca) + Correlaciona clínicamente	Puntuación máxima 4

- Respiración normal, sin pedir inspiraciones o espiraciones profundas.
- †Identifica el ruido respiratorio normal o anormal: el estudiante deberá reconocer el ruido respiratorio, describir su localización y características, y dar un ejemplo de correlación clínica. Son 10 ruidos respiratorios, 3 normales y 7 anormales, los cuales se explican en la tabla 1.

BIBLIOGRAFÍA

1. INACSL. Healthcare Simulation Standards of Best Practice® – Múltiples idiomas (incluye Español). Disponible en: <https://www.inacsl.org/healthcare-simulation-standards-of-best-practice-multiple-languages>.

2. INACSL. Healthcare Simulation Standards of Best Practice®: The Debriefing Process (Revised 2025). Disponible en: <https://www.inacsl.org/healthcare-simulation-standards>

3. Eppich W, Cheng A. Promoting Excellence and Reflective Learning in Simulation (PEARLS): development and rationale for a blended approach to health care simulation debriefing. *Simul Healthc.* 2015;10(2):106-15.

4. Kuriyama A, Kasai H, Shikino K, et al. The effects of simple graphical and mental visualization of lung sounds on auscultation skills during clerkship: a randomized study. *PLoS One.* 2023;18(3):e0282337.

5. Kolb DA. *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development.* Prentice-Hall; 1984.

6. Kaminsky J, Bianchi R, Eisner S, et al. Respiratory auscultation lab using a cardiopulmonary auscultation simulation manikin. *MedEdPORTAL.* 2021;17:11107.

7. Báez-Saldaña R, Monraz-Pérez S, Fortoul-Van der Goes T, et al. Exploración física toracopulmonar: proyecto tutorial-interactivo. *Neumol Cir Torax.* 2016;75(3):237-52.

8. American Nurses Credentialing Center. White Paper 2025: Simulation in Transition to Practice Programs (incluye resumen SSH). Disponible en: <https://www.nursingworld.org/.../2025-white-paper--simulation.pdf>

9. Bohadana A, Izbicki G, Kraman SS. Fundamentals of lung auscultation. *N Engl J Med.* 2014;370:744-51.

10. Bertrand P, Sánchez I, Moya A. La auscultación pulmonar en el siglo 21. *Rev Chil Pediatr.* 2020;91(1):156-62.

11. Kawame Ch, Kasai H, Shiko Y, et al. The use of graphical lung sound visualizations in medical education improves diagnostic accuracy: a randomized study. *BMC Med Educ.* 2025;25:581.

12. Ito K, Hirosawa T, Harada Y, et al. Evaluation if Internet -Connected Real-Time Remote Auscultation: An Open-Label Randomized Controlled Pilot Trial. *J Pers Med.* 2022;12:1950.

Ansiedad y aprendizaje en la residencia médica: el rol de la simulación clínica

Mónica Franco Martínez y Víctor Ríos Cortázar

INTRODUCCIÓN

Este capítulo tiene como propósito discutir la relación entre la ansiedad y el aprendizaje que se produce en la residencia médica, así como el papel que en ella puede jugar el aprendizaje por simulación clínica.

Para ello se parte de ubicar el contexto institucional y, particularmente, la tensión que caracteriza al proceso de especialización médica a través de la organización y funcionamiento de las residencias médicas entre el desempeño académico y el laboral. Teniendo como escenario este contexto, se describe alguna de la amplia evidencia científica disponible sobre la presencia de la ansiedad y otros trastornos mentales entre las comunidades de médicas y médicos residentes, así como de los factores que se han asociado a estos, incluyendo los relacionados con las exigencias académicas.

A continuación se describen las características y las acciones que caracterizan al aprendizaje basado en simulación y que hacen de ésta una alternativa idónea para la formación de especialistas en las residencias médicas, además de ser una opción favorable para resolver los problemas descritos antes. Finalmente, el capítulo se concluye con algunas conclusiones generales.

193

ANSIEDAD EN LA RESIDENCIA MÉDICA

La especialización a través de las residencias es, con mucho, la vía preponderante a través de la cual el personal médico busca profundizar su formación profesional. En México, en 2023 se presentaron más de 43,000 aspirantes para ocupar una de las 18,500 plazas disponibles¹.

La organización, la estructuración y el funcionamiento de las residencias médicas, como las conocemos en la actualidad, datan de la segunda mitad del siglo XX; en buena medida derivados del movimiento médico de 1964-1965 y del reconocimiento, en la Ley Federal del Trabajo de 1970, de las y los residentes como trabajadores especiales, con lo que se buscó conciliar la educación artesanal que los caracterizaba con la necesidad de garantizar la fuerza de trabajo de las instituciones de salud².

Esta articulación tuvo consecuencias positivas, como el propio hecho de justicia del reconocimiento de la condición laboral de las y los residentes, así como, en su mayoría, su formación con calidad profesional y humanista. No obstante, también dejó ver las limitantes de ese modo de educación artesanal, incluyendo maltrato, desgaste laboral y trastornos referidos a la salud mental, como ansiedad y depresión, generados como una constante

en no pocos residentes; además de la permanente tensión entre el cumplimiento de la doble condición dada por las exigencias del desempeño laboral y el desempeño educativo².

De hecho, a nivel internacional se reconoce la persistencia de esta tensión y su derivación en problemas que terminan por afectar a la salud mental de las y los residentes, quienes se caracterizan como una población con mayores riesgos de padecer desórdenes como ansiedad, depresión y *burnout* comparados con otras poblaciones semejantes.

Un aspecto relevante de este reconocimiento es que, además, se ha advertido sobre la pertinencia de considerar un marco de comprensión del fenómeno que no se limite al nivel individual, donde sólo se reconozcan factores personales en el origen del problema. Además de que un marco explicativo de este nivel bien puede generar visiones estigmatizantes de las y los residentes, termina por ignorar factores estructurales que están en la base del mismo.

Finalmente, se ha llamado la atención respecto a no reducir las iniciativas de solución a estrategias y acciones individuales, como el *mindfulness*, *coaching* o entrenamiento en resiliencia, entre otros^{3,4}.

Así, se reconoce que una diversidad de factores convergen en la producción de los problemas arriba anotados, además de otros. Factores que van desde la organización, la estructura y el funcionamiento de las residencias, con situaciones paradigmáticas como las elevadas cargas de trabajo, largas horas de permanencia en el servicio y la presión sobre el rendimiento laboral, hasta aspectos propiamente relacionados con los procesos, los programas y las modalidades de enseñanza-aprendizaje.

En una revisión exploratoria, que abarcó el periodo de 2021 a 2024, se mostró que existe una variabilidad muy amplia en las prevalencias encontradas en diversos estudios sobre trastornos mentales entre personal médico y residentes. Así, la variación en el caso de *burnout* fue del 4.7 al 90.1% en personal médico y del 18.3 al 93% en residentes; las prevalencias de depresión variaron del 4.8 al 66.5% entre personal médico y del 7.7 al 93% entre residentes; y por su parte, la ansiedad tuvo variaciones entre el 8 y 78.9% en médicos y el 10 y 63.9% en residentes. En general, las prevalencias de estos trastornos son mayores en residentes mujeres que en residentes hombres⁵.

En el caso específico de los estudios realizados entre residentes, los hallazgos mostraron que estos problemas estaban asociados con los entornos y condiciones de trabajo, como largas jornadas de trabajo, baja autonomía, problemas de comunicación en el entorno de trabajo y competencia entre pares, además de otras condiciones como falta de tiempo de descanso y de vacaciones, así como otros factores de orden personal como el estado civil⁵.

En México, en diversos estudios se ha documentado la presencia de estos trastornos en diversas especialidades médicas e instituciones de salud, públicas y privadas. Así, por ejemplo, en un estudio realizado entre residentes de primer año en un hospital privado se encontraron prevalencias de trastorno de ansiedad de alrededor del 25%⁶, mientras que en un hospital público del norte del país esta prevalencia fue de más del 50%, considerando los diversos niveles de ansiedad⁷.

En algunos estudios se ha documentado la asociación entre ansiedad y depresión en residentes con las características de su formación como especialistas. Así, en una investigación realizada entre residentes de distintas especialidades y grados se encontraron prevalencias de depresión y ansiedad del 12.2 y 47.1%, respectivamente, asociadas con fatiga laboral, disminución del desempeño sociolaboral, agotamiento emocional, consumo perjudicial de alcohol y antecedente personal de depresión y/o ansiedad. Las y los autores concluyen considerando que existen características relacionadas con el adiestramiento que pudieran favorecer la presencia de esos trastornos⁸.

En esta perspectiva, en un estudio realizado también entre residentes de distintas especialidades y grados, con una edad promedio de 32.4 años y medicina interna como la especialidad predominante, se encontró una elevada prevalencia de ansiedad (94.19%). Al comparar la cognición entre quienes presentaban ansiedad con quienes no la presentaban, se encontró que la memoria mostró una diferencia significativa entre residentes con y sin ansiedad ($p = 0.015$), mientras que las correlaciones de atención y funciones ejecutivas-ansiedad fisiológica ($r = -0.21$; $p = 0.009$) y atención y memoria-preocupación social ($r = -0.268$; $p = 0.001$) resultaron significativas. En consecuencia, se concluye que la ansiedad afecta decisivamente a la capacidad de memoria en estos médicos⁹.

APRENDIZAJE BASADO EN SIMULACIÓN EN RESIDENCIAS MÉDICAS

La simulación clínica permite la recreación de escenarios clínicos de manera realista, creando un entorno seguro y controlado para que las y los residentes desarrollen y consoliden tanto habilidades técnicas y no técnicas, como la comunicación, el liderazgo y la toma de decisiones en situaciones de alta presión^{10,11}. En estudios recientes se ha señalado que la simulación con alta fidelidad, incluyendo casos que involucran pacientes estandarizados o realidad virtual, mejora el desempeño clínico y reduce la curva de aprendizaje para procedimientos complejos, por lo que se considera un componente fundamental en la formación de posgrado^{12,13}.

EFFECTO DEL APRENDIZAJE BASADO EN SIMULACIÓN SOBRE LA DISMINUCIÓN DE LA ANSIEDAD

195

La participación de la simulación clínica en la disminución de la ansiedad se sustenta en diversas teorías pedagógicas que explican cómo las personas adquieren y transforman el conocimiento, desarrollan habilidades y destrezas, y gestionan sus emociones, dando lugar a mecanismos que favorecen esta reducción. Entre los más relevantes se encuentran los que se indican a continuación.

Prebriefing

Momento introductorio de la simulación en el que se da a conocer el marco de trabajo bajo el cual se llevará a cabo todo el proceso (*prebriefing*, simulación, *debriefing*), se explican los objetivos y se describe el escenario, la organización, los roles y las expectativas de los participantes, entre otros. También es el momento ideal de crear un entorno psicológicamente seguro en el que instructor y participantes tienen respeto y compromisos mutuos, estableciendo acuerdos colaborativos de forma explícita, los cuales favorecen el ambiente de confianza y disminuyen el temor al error. Estos acuerdos explícitos son¹⁴:

- Contrato de confidencialidad: acuerdo verbal de respeto mutuo en el que los instructores crean un espacio seguro en el que los participantes no se sientan juzgados. El manejo que se da a sus discusiones y errores es de total privacidad¹⁴.
- Contrato de ficción: los participantes acuerdan participar en los escenarios de simulación como si fuera un escenario clínico real, sabiendo que hay aspectos irreales o ficticios, con el fin de maximizar el aprendizaje¹⁴.

Práctica deliberada

Método de enseñanza que consiste en la repetición planificada de una tarea o procedimiento, con objetivos claros y retroalimentación inmediata por parte del instructor experto, en un entorno seguro, logrando así que el participante mejore progresivamente su desempeño, y favoreciendo la reducción de la incertidumbre y miedo al error. De forma tal que se favorece el desarrollo de la autoeficacia y se disminuye la ansiedad que puede presentarse al enfrentarse a un escenario clínico real¹⁵.

Debriefing reflexivo

Momento que sigue a la práctica simulada en el que se lleva a cabo una plática estructurada, guiada por el facilitador/instructor para analizar, a través de la reflexión, los aspectos técnicos y emocionales del participante. Aunque existen diversos marcos de trabajo de *debriefing* que permiten adaptar la reflexión a distintos contextos, cabe destacar que durante esta etapa la ansiedad se normaliza como parte natural del aprendizaje y se motiva a expresar dudas y emociones, disminuyendo en gran medida la tensión emocional y promoviendo su regulación^{16,17}.

Retroalimentación constructiva

La retroalimentación, también llamada *feedback*, guiada por el facilitador se da en distintos momentos durante la simulación, y no sólo al final de ésta, por lo que es fundamental para que los participantes consoliden el aprendizaje adquirido en la simulación, a través de la reflexión activa, permitiendo analizar su desempeño de manera continua, fortalecer habilidades, identificar y corregir errores, y reforzar la confianza en un ambiente seguro, evitando juicios punitivos¹⁶.

196

Exposición gradual a escenarios estresantes

El diseño progresivo de casos simulados permite al participante comenzar con casos que representen situaciones de baja complejidad y menor carga emocional, de manera que se vaya progresando hacia escenarios más complejos y estresantes. Este enfoque de progresión controlada permite que los participantes desarrollen confianza y habilidades paulatinamente, fortaleciendo el manejo del estrés y la ansiedad generados por la simulación, y facilitando un aprendizaje más seguro y efectivo¹⁸.

SIMULACIÓN CLÍNICA Y REDUCCIÓN DE LA ANSIEDAD

En diversos estudios se muestra que la simulación clínica contribuye a la reducción de la ansiedad y al aumento de la autoeficacia no sólo brindando bienestar psicológico a través de un espacio seguro, sino también por el impacto que tiene a nivel académico, en la toma de decisiones clínicas y la seguridad del paciente. En la tabla 1 se resumen algunos hallazgos de los reportes encontrados en la literatura científica.

La evidencia disponible refuerza la necesidad de incorporar estrategias que contribuyan a la disminución de la carga emocional, favoreciendo la gestión de emociones, y fomenten la consolidación del aprendizaje, mejorando la autoeficacia. En este sentido, la simulación clínica es una estrategia que contribuye a disminuir la ansiedad e incrementar

Tabla 1. Reportes sobre el impacto de la simulación clínica en ansiedad y competencias

Tema	Diseño	Población	Hallazgos principales	Limitaciones
Primera experiencia con simulación ¹⁹	Cuasiexperimental	Profesionales sanitarios y estudiantes de enfermería	↓ Ansiedad, ↑ autoconfianza	Muestra única, diseño pre-post
Educación basada en simulación ²⁰	Revisión sistemática y metaanálisis con consistencia en múltiples poblaciones	Estudiantes de medicina y enfermería	↓ Ansiedad, ↑ autoeficacia	Confirmar metadatos; posible sesgo de publicación
Simulación de alta fidelidad ²¹	Alta fidelidad y ansiedad	Estudiantes de medicina	↓ Ansiedad, ↑ confianza	Muestra pequeña, sin grupo de control
Simulación en educación en salud ²²	Revisión sistemática sobre competencias en simulación	Estudiantes y profesionales de la salud	Mejora las competencias; ↓ ansiedad indirecta por ↑ confianza	La ansiedad no fue la variable principal de medición*
Simulación de destrezas clínicas ²³	Descriptivo, prospectivo	Estudiantes de medicina	↓ 65% ansiedad anticipatoria	Contexto único, diseño observacional

* En algunos estudios la evaluación de la ansiedad se dio de forma indirecta a través de indicadores de confianza o autoeficacia²².

la autoeficacia no sólo por el entorno seguro, sino también por el impacto en distintas áreas como desempeño académico, toma de decisiones y contribución a la seguridad del paciente¹⁹⁻²¹.

LIMITACIONES Y CONSIDERACIONES

Aunque la simulación clínica ofrece beneficios claros, existen limitaciones importantes, como la transferencia de lo aprendido al entorno real puede ser parcial, y los elevados costos de inversión y mantenimiento, aunados a la necesidad de docentes capacitados son desafíos constantes^{12,13}. Adicionalmente, su efecto sobre la ansiedad depende también del contexto en el que se da y su impacto puede verse reducido si el entorno de la residencia mantiene estructuras jerárquicas rígidas, sobrecarga laboral o falta de soporte emocional⁵. La simulación es, por tanto, una estrategia valiosa, pero no suficiente por sí sola, por lo que estándares internacionales señalan la necesidad de integrar la seguridad psicológica en todo el proceso de simulación, que abarca desde el diseño del escenario hasta el *debriefing*^{10,24}.

CONCLUSIONES

La simulación clínica se ha consolidado como un pilar en la formación médica de especialistas que, además de potenciar competencias técnicas y no técnicas, contribuye

al bienestar psicológico. Al reducir la ansiedad, favorece la autoeficacia, la resiliencia y la preparación integral para la práctica clínica^{12,20,21}.

Su inclusión curricular debe contemplar no sólo la enseñanza de destrezas clínicas, sino también estrategias de gestión emocional. Al priorizar la seguridad psicológica de las y los residentes a lo largo de todo el proceso de la simulación, se construye un círculo virtuoso que repercute tanto a nivel educativo y emocional como en la seguridad del paciente^{12,24}.

Sin embargo, la simulación no es una solución aislada; su impacto dependerá de que se articule con reformas en el entorno de la residencia. La evidencia sobre prevalencias de ansiedad y *burnout* en residentes señala la necesidad de promover culturas de soporte, supervisión constructiva y valoración del bienestar⁵, de manera que la simulación clínica se consolide como una estrategia integral de formación y resiliencia en la medicina contemporánea.

BIBLIOGRAFÍA

1. AMIR. Plazas y aspirantes. Disponible en: <https://amirmexico.com/el-enarm/plazas-y-aspirantes/>
2. Vázquez-Martínez FD. Apuntes históricos sobre la formación de médicos especialistas en México desde la evolución educativa. *Inv Ed Med*. 2018;7(25):46-52.
3. Meeks LM, Ramsey J, Lyons M, et al. Wellness and Work: Mixed Messages in Residency Training. *J Gen Intern Med*. 2019;34(7):1352-5.
4. Lawson ND. Wellness and Work: Mixed Messages in Residency Training. *J Gen Intern Med*. 2020;35(2):594.
5. Obeng Nkrumah S, Adu MK, Agyapong B, et al. Prevalence and correlates of depression, anxiety, and burnout among physicians and postgraduate medical trainees: a scoping review of recent literature. *Front Public Health*. 2025;13:1537108.
6. Zhou X, Portela OJM, Rodríguez WFL, et al. Prevalencia de depresión, ansiedad y burnout en médicos residentes a un año de la residencia médica en Hospital Ángeles del área metropolitana. *Acta Med GA*. 2023;21(2):119-22.
7. Urban RBR, Medina-Ayala RA, Barrios-Olán C. Ansiedad y depresión en un grupo de médicos residentes de la especialidad de medicina familiar de Sonora, México. *Arch Med Fam*. 2023;25(2):69-76. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/medfam/amf-2023/amf232d.pdf>
8. Ángeles-Garay U, Tlecuitl-Mendoza N, et al. Association of depression and anxiety with characteristics related to the training of medical residents. *Salud Mental*. 2020;43(5):195-9.
9. Ramírez-Mendoza J, García-Galicia A, Aréchiga-Santamaría A, et al. Cognición en médicos residentes con y sin ansiedad en un hospital formador de especialistas. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*. 2023;61(2):147-54.
10. Díaz-Navarro C, Laws-Chapman C, Money Penny M, et al. The ASPIH Standards - 2023: guiding simulation-based practice in health and care. Disponible en: <https://aspih.org.uk>
11. Aggarwal R, Mytton OT, Derbrew M, et al. Training and simulation for patient safety. *Qual Saf Health Care*. 2010;19(Suppl 2):i34-43.
12. Issenberg SB, Scalese RJ. Simulation-based medical education: an update on best practices. *Med Educ*. 2020;54:1-16.
13. Leiphrakpam PD, et al. Simulation-based education in graduate medical training: current evidence and future directions. *Adv Med Educ Pract*. 2024;15:233-45.
14. Rudolph JW, Raemer DB, Simon R. Establishing a safe container for learning in simulation: the role of prebriefing. *Simul Healthc*. 2014;9:339-49.
15. McGaghie WC, Issenberg SB, Cohen ER, et al. Simulation-based medical education with deliberate practice yields better results. *Acad Med*. 2011;86:706-11.
16. Eppich W, Hunt EA, Duval-Arnould J, et al. Structuring feedback and debriefing to achieve mastery learning goals. *Acad Med*. 2015;90:1501-8.
17. Sawyer T, Eppich W, Brett-Fleegler M, et al. More than one way to debrief. *Simul Healthc*. 2016;11:209-17.
18. Nestel D, Groom J, Eikeland-Husebø S, O'Donnell JM. Simulation for learning and teaching procedural skills: the state of the science. *Simul Healthc*. 2011;6(Suppl):S10-3.
19. Martínez-Arce A, Maestre-Alonso JM, Bermejo-Cantarero A, et al. Niveles de ansiedad de los equipos interprofesionales durante el entrenamiento con simulación clínica. *Metas Enferm*. 2021;24(5):7-13.
20. Park YS, Hodges B, Tekian A. The effect of simulation-based medical education on anxiety and self-efficacy: a systematic review and meta-analysis. *J Nurs Educ*. 2020;59:19-26.
21. Yu JH, Kim SS, Park JE, et al. Effects of high-fidelity simulation education on medical students' anxiety and confidence. *PLoS One*. 2021;16:e0251078.
22. Alonso-Peña M, Álvarez C. Clinical simulation in health education: a systematic review. *Invest Educ Enferm*. 2023;41:e08.
23. Rojas-Domínguez R, Cáceres-Espindola HI, Ortega-Huerta MR, et al. Impacto de la simulación clínica en el nivel de ansiedad anticipatoria en estudiantes de medicina. *Rev Actual e Invest Sal*. 2023;2(1):5-8.
24. Watts PI, McDermott DS, Alinier G, et al. Healthcare Simulation Standards of Best Practice: Simulation Design, Prebriefing, and Debriefing. *Clin Simul Nurs*. 2021;58:14-21.

Educación por simulación en la formación de estudiantes de la licenciatura en Medicina

Karla Patricia Pacheco Alvarado, Guillermo Domínguez Cherit, Laura Jael del Carmen Ortiz López y Alan Vicente Olivares Martínez

DESARROLLO DE LA SIMULACIÓN CLÍNICA EN LA ENSEÑANZA MÉDICA

La educación por medio de simulación comenzó dentro de la industria aeronáutica con el desarrollo de simuladores para pilotos de vuelo en EE.UU.¹. Estas dinámicas se diseñaron con el objetivo de capacitar continuamente a los pilotos, permitiéndoles practicar, por medio de escenarios inmersivos, seguros y controlados, situaciones de emergencia que se pudieran suscitar durante el vuelo. Desde entonces, el empleo de la simulación se ha expandido a diferentes disciplinas para desarrollar habilidades específicas dentro de medios controlados.

En Medicina, el uso de la educación médica por medio de simulación (SBME por sus siglas en inglés) comenzó en la década de 1960 con el desarrollo del maniquí *Resusci Anne* para reanimación cardiopulmonar². Posteriormente, se desarrollaron simuladores más precisos con base en características humanas, permitiendo entrenar procedimientos técnicos básicos³. Según Raper, et al., el primer reporte del empleo de la simulación en la práctica clínica proviene de la Universidad de Stanford, donde a finales de la década de 1980 comenzó la aplicación de simulaciones inmersivas en quirófanos para residentes de anestesiología⁴, con el fin de perfeccionar las prácticas y disminuir la morbilidad asociada a intervenciones. Asimismo, Walsh comenta que esto ocurrió paralelamente en otras especialidades, como medicina de urgencias⁵.

En 1999, tras la publicación del reporte «*To err is Human: Building a Safer Health System*», por el Comité de Calidad de la Atención Médica en EE.UU. del Instituto de Medicina, se estimaba que entre 44,000 y 98,000 personas morían cada año como resultado de errores en el proceso de atención⁶. Desde entonces han surgido diferentes iniciativas para la reestructuración de la educación clínica, con el aumento de literatura científica sobre el uso de la simulación⁷. Incluso diferentes movimientos por los derechos de los pacientes han establecido que la simulación debe utilizarse con fines educativos antes de poner en riesgo la seguridad de los pacientes.

En América Latina, la introducción de la simulación clínica como herramienta en el desarrollo de profesionales de la salud comenzó en 2003, año en que se creó en México el Centro de Desarrollo de Destrezas Médicas en el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, siendo el primer centro de su tipo en la región⁸. A partir de entonces surgieron otros centros de simulación, como el Centro de Enseñanza y Certificación de Aptitudes Médicas en la Universidad Nacional Autónoma de México en 2005⁹. Por su parte, en la Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud del Tecnológico de Monterrey comenzó la operación del Centro de Simulación Clínica en 2018, donde se incorporan

áreas de realidad virtual, habilidades clínicas y manejo de crisis en un gran número de asignaturas preclínicas, integrando la SBME en su metodología¹⁰.

Metodología de enseñanza mediante simulación

En el modelo tradicional de enseñanza en Medicina, el aprendizaje se centraba en la transmisión teórica de conocimientos en las aulas y con el uso de cadáveres donados, y en la práctica clínica junto a la cama del paciente. Este enfoque presentaba limitaciones importantes: la variabilidad de casos impedía estandarizar la enseñanza y en ocasiones el estudiante enfrentaba situaciones sin la preparación suficiente, incurriendo en errores que afectaban a la seguridad del paciente.

El modelo de Miller, descrito en 1990, sentó las bases para el cambio en la enseñanza. En él se divide la valoración de la competencia clínica en cuatro niveles, presentados en forma de pirámide, donde la base es el conocimiento (sabe), seguido de la aplicación del conocimiento (sabe cómo), las habilidades clínicas (muestra cómo) y, por último, el desempeño clínico (hace)¹¹. Desde este enfoque, el uso de la SBME permite evaluar el tercer nivel de la pirámide mediante herramientas que emulan casos clínicos cercanos a la realidad. Esta metodología es un diferenciador significativo en la educación médica al estimular y favorecer el aprendizaje y el trabajo en equipo, retroalimentar y corregir potenciales errores durante el proceso de atención, reforzar el conocimiento y promover una cultura de seguridad para el paciente.

La simulación, al igual que otras técnicas de aprendizaje, debe ser sumativa para garantizar la adquisición de competencias profesionales. Para el éxito de la SBME es básico el compromiso de cada participante en su rol asignado y la adecuada conexión entre los involucrados¹². Herramientas como el contrato de ficción y el contrato de confidencialidad hacen que la simulación sea psicológicamente segura, al maximizar el compromiso y el aprendizaje de los estudiantes. Según Madireddy y Rufa, la seguridad psicológica permite a los participantes sentir la suficiente confianza para practicar en el límite de sus habilidades y analizar sus errores sin temor a ser ridiculizados. Uno de los elementos críticos para crear este entorno es la confidencialidad, donde se establece un acuerdo presimulación de protección de información sobre el desempeño individual, fomentando la confianza y la discusión abierta sin temor al juicio. Esto alienta comportamientos que mejoran el aprendizaje, como la disposición a practicar, discutir errores y recibir retroalimentación constructiva¹³. Por otro lado, el contrato de realidad/ficción es un acuerdo entre facilitadores y participantes para tratar la simulación como un entorno real, pese a sus limitaciones. Esto permite involucrarse plenamente, asumir roles activos y practicar sin temor a errores, creando un equilibrio entre inmersión y conciencia del entorno controlado, optimizando así el desarrollo de competencias clínicas¹⁴.

El diseño y la planificación de escenarios son esenciales para el éxito de la SBME. Una planeación adecuada garantiza escenarios realistas y clínicamente relevantes, permitiendo a los estudiantes aplicar sus conocimientos en un entorno seguro y controlado que favorece el aprendizaje efectivo. Además, para asegurar que los escenarios imiten fielmente el entorno clínico, se requiere de equipos y espacios de trabajo, así como el uso de materiales y herramientas de calidad^{15,16}. Alessi señala la relación entre el nivel de experiencia y el grado de fidelidad del simulador, donde una persona «novata» se beneficia de un simulador de baja fidelidad capaz de enseñar habilidades genéricas, mientras que una persona «experimentada» logrará el perfeccionamiento de tareas bajo situaciones de crisis con un simulador de mayor fidelidad, empero se requiere de mayor evidencia¹⁷.

El rol del instructor es fundamental en la facilitación de la SBME, actuando como guía para los estudiantes. El instructor tiene que ser accesible y empático, dar una introducción clara al ejercicio de simulación con metas y objetivos de manera colaborativa, fomentar la confianza y animar a los participantes a involucrarse en procesos de aprendizaje que impliquen asumir riesgos interpersonales. Otra de las responsabilidades clave del instructor es proporcionar una retroalimentación constructiva y efectiva a través de sesiones de *debriefing*, las cuales deben ser reflexivas, así como evaluativas, para que los estudiantes analicen sus acciones y pensamientos. Este enfoque facilita un aprendizaje profundo y duradero que mejora el juicio clínico y las habilidades técnicas y comunicativas¹⁶. Además, el instructor debe contar con una formación sólida en metodologías de simulación y pedagogía para ser capaz de adaptar las simulaciones según las necesidades del grupo y los objetivos específicos que se tengan, mejorando la eficacia del aprendizaje y el desempeño del estudiante¹⁸.

La evaluación del desempeño en entornos simulados es esencial para garantizar que los estudiantes adquieran y apliquen competencias profesionales necesarias sin consecuencias adversas para los pacientes, permitiendo un aprendizaje seguro. Por ende, es crucial establecer métodos de evaluación objetivos y específicos que valoren los conocimientos, las habilidades y las actitudes de los estudiantes. Estos métodos pueden incluir listas de verificación, evaluación por pares, rúbricas y autoevaluación. Además, la simulación facilita la evaluación continua del progreso de los estudiantes, identificando áreas de mejora y personalizando el aprendizaje para optimizar los resultados educativos. La integración de tecnologías avanzadas, como la realidad virtual y la simulación de alta fidelidad, puede ofrecer apreciaciones precisas y detalladas del desempeño del estudiante^{15,18}.

El examen clínico objetivo estructurado (ECOE), descrito por Harden en 1975, evalúa la capacidad del estudiante al demostrar cómo se desenvuelve en diferentes estaciones cronometradas en un entorno simulado¹⁹, de acuerdo al tercer nivel de la pirámide de Miller. Este examen ha demostrado ser un método de evaluación válido y confiable en estudiantes de Medicina al medir las habilidades clínicas bajo un enfoque estandarizado, reduciendo así las variables que pudieran afectar a la evaluación del desempeño.

El ECOE ha dado origen a otras formas de evaluación, como la evaluación objetiva estructurada de habilidades técnicas, desarrollada en Toronto (OSATS, por sus siglas en inglés) y utilizada como evaluación de competencias técnicas de un procedimiento en particular²⁰.

Las competencias y su evaluación por educación médica por medio de simulación

Para una correcta evaluación del aprendizaje por simulación se deben identificar las competencias clave de un profesional de la salud. Internacionalmente, los principios, valores y competencias que debe adquirir todo médico para brindar una atención de calidad han sido definidos por organizaciones como: el Consejo Médico General del Reino Unido, que establece los principios y valores en los que se fundamenta la buena práctica médica en las *Good Medical Practice*²¹; el Real Colegio de Médicos y Cirujanos de Canadá, que en el *CanMEDS framework* define las competencias necesarias para brindar una atención médica con calidad mediante siete roles (experto médico, comunicador, colaborador, líder, defensor de la salud, académico y profesional)²², y el Consejo de Acreditación para la Educación Médica de Posgrado (ACGME) de EE.UU., que define seis competencias (profesionalismo, cuidado del paciente y habilidades clínicas, conocimiento médico, aprendizaje y mejora

basados en la práctica, habilidades interpersonales y de comunicación, y práctica basada en sistemas)²³.

La reciente iniciativa publicada en 2024 por la Asociación de Facultades de Medicina de EE.UU., junto con la Asociación Americana de Facultades de Medicina Osteopática y el ACGME, retoma las seis competencias para la educación médica de pregrado, alineadas con las recomendaciones del Comité de Revisión de Educación Médica de Pregrado y Posgrado, con el objetivo de mejorar la transición a la residencia médica²⁴. Esto provee una pauta ante la falta de definición global de las competencias que deben adquirir los estudiantes de Medicina, requiriendo mayor investigación en SBME para la capacitación en habilidades académicas, de profesionalismo, gestión y promoción de la salud²⁵.

Aunque la simulación en salud proviene de la aviación, a diferencia de esta la formación médica con simuladores no es obligatoria ni está regulada formalmente para los estudiantes. En cambio, en la aviación es un requisito normativo que exige a los pilotos completar un mínimo de horas en simuladores para certificar sus competencias antes de volar. Además, organismos reguladores exigen actualizaciones periódicas mediante simulación, tales como: la Agencia Europea de Seguridad Aérea²⁶, la Administración Federal de Aviación de acuerdo con los lineamientos de la Oficina del Registro Federal en EE.UU.²⁷ y la Agencia Federal de Aviación Civil de México, con base en el decreto por la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes²⁸. Además, se solicita que perfeccionen sus habilidades humanas. Por lo que, a diferencia del área de la salud, el uso de simuladores es un componente clave en la capacitación continua de los pilotos, convirtiendo a la aeronáutica en una de las organizaciones más seguras.

Esto se ve replicado en trabajos como los de Ayaz e Ismail, donde se comenta que es imperativo que la simulación se incorpore a la educación médica de pregrado y posgrado a nivel mundial, permitiendo oportunidades de aprendizaje y perfeccionamiento de habilidades antes del contacto con los pacientes¹.

IMPACTO DE LA SIMULACIÓN CLÍNICA EN EL DESARROLLO DE HABILIDADES EN ESTUDIANTES DE MEDICINA

Actualmente, la SBME es una herramienta educativa que permite la creación y replicación de escenarios clínicos reales en un entorno seguro y controlado, donde los estudiantes pueden aprender a partir del error sin poner en riesgo la seguridad del paciente. De esta forma se favorece el desarrollo de competencias técnicas y transversales, así como el fortalecimiento de aspectos emocionales y éticos del profesional de la salud²⁹.

Una de las ventajas de la SBME es su capacidad para reducir la variabilidad en la formación médica, asegurando experiencias educativas homogéneas. En este contexto, Ayaz e Ismail destacan que, en situaciones de emergencia como una pandemia, los simuladores de alta fidelidad pueden acelerar la curva de aprendizaje y mejorar significativamente las habilidades clínicas. Además, integrar la simulación al currículo junto con las prácticas clínicas tradicionales ofrece una formación más completa, aunque aún enfrenta desafíos como altos costos y la necesidad de capacitación especializada para instructores¹.

De acuerdo con Garduño-López, et al., la simulación también juega un papel clave en la mejora de la calidad y seguridad en la atención al paciente³⁰. Esto se alinea con los principios establecidos por el Comité de Calidad de la Atención Médica en EE.UU. del Instituto de Medicina, que propone seis dimensiones esenciales de la calidad: atención segura, oportuna, eficiente, efectiva, equitativa y centrada en el paciente, actualmente centrada en la persona³¹. La SBME contribuye directamente a estas dimensiones al permitir a los

estudiantes experimentar y perfeccionar sus habilidades sin consecuencias negativas para los pacientes.

La efectividad de la SBME ha sido respaldada por múltiples estudios. En una investigación observacional realizada en China, Wang, et al. evaluaron el impacto de la simulación en 1,178 estudiantes, comparando un grupo expuesto a prácticas con simulación con otro no expuesto. Los resultados mostraron una mejora significativa en la comunicación médico-paciente y la atención humanística, lo que sugiere que la SBME fomenta una participación más activa e integrada, reduciendo los potenciales errores en la práctica clínica. Sin embargo, las mejoras en los conocimientos básicos y las habilidades técnicas fueron limitadas³². Por otra parte, Sun, et al. revelan, a través de un análisis bibliométrico, que la SBME ha evolucionado de ser una estrategia exclusiva de hospitales y centros clínicos a una adoptada ampliamente por universidades desde niveles de pregrado³³. Esto ha permitido capacitar a estudiantes en diversas disciplinas médicas, garantizando la correcta ejecución de los procedimientos y la protección de la seguridad del paciente durante el aprendizaje.

Schultz, et al. realizaron un estudio con estudiantes de segundo año de Medicina que participaron en cursos de simulación sobre intervenciones como colocación de líneas centrales o toracocentesis. Se observaron mejoras significativas en el conocimiento, la confianza y la competencia práctica al finalizar los cursos y seis meses después³⁴. De igual manera, Huang, et al. demostraron un aumento notable en el conocimiento teórico y práctico de los estudiantes mediante un currículo basado en simulaciones de investigación clínica, con mejoras sustanciales en las puntuaciones obtenidas tras la intervención³⁵.

Además de sus beneficios técnicos, la simulación clínica también impulsa el desarrollo de habilidades no técnicas como la comunicación, el trabajo en equipo y la toma de decisiones en entornos de alta presión. Ensor, et al. destacan que los estudiantes valoran la oportunidad de aplicar sus conocimientos en situaciones simuladas bajo supervisión directa, y subrayan la importancia de la retroalimentación y las sesiones de *debriefing* para consolidar el aprendizaje³⁶. Este entorno seguro les permite equivocarse, reflexionar y corregir sus errores sin repercusiones reales, lo que es determinante para su crecimiento profesional³⁷.

En este sentido, la SBME se perfila como un componente crucial y complementario en la formación médica actual. Su capacidad para integrar conocimientos, habilidades prácticas y valores humanísticos la convierte en un pilar clave para garantizar una atención médica segura, eficaz y centrada en la persona.

FUTURAS DIRECTRICES

Como se ha expuesto, el panorama actual dicta que la simulación clínica se encuentra en constante crecimiento, posicionándose como uno de los principales modelos de entrenamiento de las próximas generaciones de profesionales en salud²⁹. La actualización y los avances en la tecnología son los principales indicadores de la evolución de esta área, por lo que es imperativo centrar la atención en las modalidades de simulación que se espera experimenten mayor expansión en los años futuros.

En un *scoping review* de Jiang, et al. se abordan las tendencias en realidad virtual aplicada a la educación de estudiantes de Medicina. Se concluye que gran parte de la aplicación actual se centra en el estudio de la anatomía y el desarrollo de habilidades quirúrgicas. Asimismo, se señala que otra ventaja de la SBME por medio de la realidad virtual es el desarrollo de las habilidades blandas, como la empatía y la comunicación. No obstante, falta profundizar y adentrarse en enfoques diferentes al quirúrgico o anatómico³⁸.

Problemas que hay que resolver

A pesar de que la SBME cada vez toma mayor relevancia en el área médica, la implementación de este modelo no muestra un patrón homogéneo a nivel mundial. En la revisión de Ayaz e Ismail se resalta esta disparidad a nivel mundial en cuanto a la implementación de la SBME¹. Uno de los hallazgos de Jiang, et al. es que la mayoría de los artículos sobre simulación en el entorno médico provienen de EE.UU. o Europa³⁸, poniendo de manifiesto que la implementación de nuevas tecnologías en esta área podría exacerbar la brecha en materia de atención clínica. Kolb, et al. comentan que la mayoría de las opciones de simulación validadas están basadas en programas de alta tecnología, haciendo un llamado a enfoques de menores costos para que ambientes con bajos recursos puedan beneficiarse de proyectos de simulación de corta duración para generar beneficios a largo plazo³⁹. Por lo que es importante garantizar la accesibilidad de la SBME.

Un punto de gran relevancia mencionado por Kolb, et al. es el desarrollo de criterios razonables para evaluar la eficacia de la SBME³⁹, así como el desarrollo de programas y criterios donde se garantice que el capital humano a cargo de la enseñanza se encuentra debidamente preparado, ya que «una simulación mal ejecutada puede dar lugar a objetivos no alcanzados, aprendizaje deficiente o nulo y participantes desmotivados o inclusive afectados psicológicamente»¹.

La SBME es un área en evolución, su uso permanece variable y con amplias oportunidades¹, en donde el verdadero indicador sobre las direcciones que pueda tomar será la evidencia publicada⁵. Tal como expresa Walsh, los mejores métodos de simulación serán aquellos que aseguren la productividad a la par que mantienen la seguridad del paciente, la calidad de la atención y un adecuado control de los costos⁵.

Parece prudente concluir que la SBME ha demostrado ser una herramienta pedagógica innovadora y eficaz para la formación integral de los estudiantes de Medicina. La evidencia expuesta indica que la SBME favorece el desarrollo de las competencias técnicas y el dominio de las habilidades quirúrgicas o técnicas clínicas específicas, y potencia habilidades transversales fundamentales como la comunicación, el trabajo en equipo, la toma de decisiones y la atención humanística. En adición, ésta se vislumbra como un pilar en la formación médica, especialmente con la integración de tecnologías como la realidad virtual y la simulación de alta fidelidad. No obstante, su expansión plantea desafíos importantes, como la necesidad de estandarizar su aplicación, garantizar el acceso equitativo y capacitar adecuadamente al personal docente encargado de implementarla. Se espera que la SBME continúe ampliando su alcance, desde el pregrado hasta la formación continua de profesionales, convirtiéndose en un instrumento clave para promover la calidad de la atención y el humanismo en la atención médica.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ayaz O, Ismail FW. Healthcare Simulation: A Key to the Future of Medical Education – A Review. *Adv Med Educ Pract.* 2022;13:301-8.
2. Gordetsky JB, Singh H, Wang K et al. Annie, Annie! Are You Okay?: Faces Behind the Resusci Anne Cardiopulmonary Resuscitation Simulator. *Anesth Analg.* 2020;131(2):657-9.
3. Rosen KR. The history of medical simulation. *J Crit Care.* 2008;23(2):157-66.
4. Raper JD, Phillips G, Allen H, et al. Simulation in emergency medicine graduate medical education: a call to lead. *Clin Exp Emerg Med.* 2023;10(1):107-9.
5. Walsh K. The future of simulation in medical education. *J Biomed Res.* 2015;29(3):259-60.
6. Institute of Medicine (US) Committee on Quality of Health Care in America; Kohn LT, Corrigan JM, Donaldson MS, editores. *To Err Is Human: Building a Safer Health System.* Washington (DC): National Academies Press (US); 2000.
7. World Health Organization. *WHO Patient Safety Curriculum Guide for Medical Schools.* Ginebra: World Health Organization; 2009.

8. Serna-Ojeda JC, Borunda-Nava D, Domínguez-Cherit G. La simulación en medicina. La situación en México. *Cir Cirugía Cirujanos*. 2012;80(3):301-5.
9. UNAM. La Facultad de Medicina presenta con orgullo el Centro de Enseñanza y Certificación de Aptitudes Médicas. *Gaceta UNAM* [Internet]. 2005. Disponible en: <http://www.facmed.unam.mx/publicaciones/gaceta/oct102k5/orgullo.html>
10. Zamora F. Tec presenta nuevo centro de simulación médica de última generación. *Conecta* [Internet]. 2024. Disponible en: <https://conecta.tec.mx/es/noticias/monterrey/educacion/tec-presenta-nuevo-centro-de-simulacion-medica-de-ultima-generacion>
11. Miller GE. The assessment of clinical skills/competence/performance. *Acad Med*. 1990;65(9 Suppl):S63-7.
12. Dávila-Cervantes A. Simulación en educación médica. *Investigación Educ Médica*. 2014;3(10):100-5.
13. Madireddy S, Rufa EP. Maintaining confidentiality and psychological safety in medical simulation. *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023.
14. Sharma H, Patil AD, Baviskar A. Fiction contract: its importance in simulation-based medical education. *Int J Basic Clin Pharmacol*. 2023;12(5):766-70.
15. HDR. Designing for Health Sciences Education: Planning Considerations for Clinical Skills and Simulation Centers. *Insights* [Internet]. HDR; 2021. Disponible en: <https://www.hdrinc.com/insights/designing-health-sciences-education-planning-considerations-clinical-skills-and-simulation>
16. Krawczyk D. 7-Steps to Creating an Effective Simulation Experience for Educators in the Health Professions: an updated practical guide to designing your own successful simulation. *MedEdPublish*. 2019;8:166.
17. Alessi SM. Fidelity in the design of instructional simulations. *J Comput-Based Instr*. 1988;15:40-7.
18. Harrington DW, Simon LV. Designing a Simulation Scenario. En: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025.
19. Harden RM, Stevenson M, Downie WW, Wilson GM. Assessment of clinical competence using objective structured examination. *BMJ*. 1975;1(5955):447-51.
20. Martin JA, Regehr G, Reznick R, et al. Objective structured assessment of technical skill (OSATS) for surgical residents. *Br J Surg*. 1997;84(2):273-8.
21. General Medical Council. *Good Medical Practice* 2024. Londres: GMC; 2024.
22. Frank JR, Snell L, Sherbino J, editores. *CanMEDS 2015 Physician Competency Framework*. Ottawa: Royal College of Physicians and Surgeons of Canada; 2015.
23. Correa R, et al. *The Milestones Guidebook for Residents and Fellows*. Accreditation Council for Graduate Medical Education; 2025.
24. AAMC, AACOM, ACGME. *Foundational Competencies for Undergraduate Medical Education*; 2024.
25. Aggarwal R, Mytton OT, Derbrew M, et al. Training and simulation for patient safety. *Qual Saf Health Care*. 2010;19 Suppl 2(Suppl 2):i34-43.
26. European Union Aviation Safety Agency. *Certification Specifications for Aeroplane Flight Simulation Training Devices (CS-FSTD(A))*, Issue 2. Colonia (Alemania): European Union Aviation Safety Agency; 2018. Disponible en: <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/46529/en>
27. Office of the Federal Register (U.S.). *Code of Federal Regulations Title 14, Aeronautics & Space* [Internet]. U.S. Government Publishing Office. Disponible en: <https://bookstore.gpo.gov/catalog/cfr-title-14-aeronautics-space>
28. Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes. Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones del Reglamento para la Expedición de Permisos, Licencias y Certificados de Capacidad del Personal Técnico Aeronáutico. *Diario Oficial de la Federación* [Internet]. 2023. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/849274/decreto-expedicion-permisos-licencias-02082023.pdf>
29. Leiphrakpam PD, Armijo PR, Are C. Incorporation of Simulation in Graduate Medical Education: Historical Perspectives, Current Status, and Future Directions. *J Med Educ Curric Dev*. 2024;11:23821205241257329.
30. Garduño-López AL, Guido-Guerra RE, Acosta-Nava VM, et al. El papel de la simulación como estrategia educativa en la pandemia de COVID-19. *Rev Mex Anestesiol*. 2020;43(4):305-14. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0484-79032020000400305
31. Institute of Medicine (US) Committee on Quality of Health Care in America. *Crossing the Quality Chasm: A New Health System for the 21st Century*. Washington (DC): National Academies Press (US); 2001.
32. Wang S, Ren X, Ye J, et al. Exploration of simulation-based medical education for undergraduate students. *Medicine (Baltimore)*. 2021;100(20):e25982.
33. Sun W, Zhang T, Li Y, et al. The evolution of simulation-based medical education research: From traditional to virtual simulations. *Heliyon*. 2024;10(15):e35627.
34. Shultz CG, Cooke JM, Denay KL, et al. The Effect of Simulation based Training on Medical Students' Perceptions, Knowledge, and Skill at Baseline and 6 month Follow up. *Int J Innov Educ Res*. 2016;4(5):151-65.
35. Huang Q, Yan SY, Huang J, et al. Effectiveness of simulation-based clinical research curriculum for undergraduate medical students - a pre-post intervention study with external control. *BMC Med Educ*. 2024;24:542.
36. Ensor N, Sivasubramaniam M, Laird A, et al. Medical students' experiences and perspectives on simulation-based education. *Int J Health Care Simul*. 2024.
37. Elendu C, Garcia R, Brown T, et al. The impact of simulation-based training in medical education: A review. *Medicine (Baltimore)*. 2024;103(27):e38813.
38. Jiang H, Vimalaesar S, Wang JK, et al. Virtual Reality in Medical Students' Education: Scoping Review. *JMIR Med Educ*. 2022;8(1):e34860.
39. Kolb S, Fernandez A, Lopez R, et al. A Low-Cost, Low-Tech Virtual Mass Casualty Training Simulation for Undergraduate Medical Education. *Cureus*. 2024;16(9):e69603.

Simulación en la formación de la licenciatura en Enfermería

Alejandro David Rizo Velasco, Said Mishael Calleja Guerrero, Margarita Nolasco Cristóbal, Óscar Andryw Estrada Berber, Angélica Merino Serrano e Iris Yuliana Santiago Pérez

INTRODUCCIÓN

La simulación clínica se ha consolidado como una herramienta pedagógica esencial en la formación en enfermería, al permitir a los estudiantes desarrollar competencias profesionales en un entorno controlado, seguro y cercano a la realidad clínica. Este enfoque posibilita que los futuros profesionales enfrenten situaciones críticas sin poner en riesgo la vida de los pacientes, favoreciendo la práctica deliberada, la repetición de procedimientos y la retroalimentación inmediata. Además, la simulación fomenta el trabajo en equipo, la comunicación efectiva y la toma de decisiones bajo presión, elementos indispensables en el ejercicio enfermero contemporáneo.

206

De acuerdo con Dieckmann, la simulación no sólo constituye una innovación tecnológica, sino que es un escenario educativo complejo en el que se integran fases como el *prebriefing*, el desarrollo de escenarios y la deconstrucción reflexiva durante el *debriefing*, lo cual potencia el aprendizaje significativo y la seguridad del paciente¹. En consonancia, Issenberg, et al. identifican que las simulaciones de alta fidelidad contribuyen de manera significativa a la adquisición de habilidades clínicas, siempre que se implementen con objetivos claros, retroalimentación estructurada y oportunidades de práctica repetida².

En suma, la simulación clínica ofrece ventajas invaluable en la enseñanza de la enfermería, al proporcionar un espacio para el error y el aprendizaje sin consecuencias reales, fortaleciendo tanto la competencia técnica como las habilidades interpersonales de los estudiantes.

FUNDAMENTOS CLÍNICOS Y PEDAGÓGICOS DE LA SIMULACIÓN EN ENFERMERÍA

Revisión teórica sobre los fundamentos clínicos que sustentan los casos simulados

La simulación clínica se ha convertido en una estrategia pedagógica indispensable para la formación en enfermería, ya que permite entrenar procedimientos en un entorno seguro y controlado, sin poner en riesgo al paciente. Desde la perspectiva clínica, los escenarios simulados se construyen a partir de enfermedades prevalentes, procedimientos críticos y cuidados esenciales que deben dominar los futuros profesionales. En anestesiología se ha demostrado que el diseño de escenarios centrados en situaciones de alto riesgo, como el manejo avanzado de la vía aérea o la reanimación cardiopulmonar, favorece la integración de conocimientos y habilidades complejas en los residentes y especialistas¹. De igual forma, la destaca que un escenario de simulación debe basarse en un caso clínico real

o documentado, ajustado a guías de práctica clínica y literatura científica actualizada². Estos escenarios incluyen elementos indispensables (historia clínica, estudios diagnósticos, insumos y materiales), así como la definición clara de objetivos clínicos^{1,3}.

Fundamentos pedagógicos que justifican el uso de simulación en educación enfermera

La simulación clínica no sólo responde a criterios clínicos, sino también a sólidos fundamentos pedagógicos. El aprendizaje experiencial constituye el eje principal: los estudiantes aprenden mejor al vivir la experiencia, cometer errores sin riesgo y reflexionar sobre ellos durante el *debriefing*⁴. El constructivismo también es clave, pues plantea que el conocimiento se construye activamente a partir de experiencias previas e interacción social. Esto se observa en escenarios donde los estudiantes deben trabajar en equipo, intercambiar decisiones y aprender a resolver problemas clínicos de manera conjunta⁵. Por otra parte, el aprendizaje basado en problemas se articula con la simulación al presentar casos abiertos que requieren análisis, toma de decisiones y priorización de intervenciones². El diseño instruccional en simulación debe contemplar etapas pedagógicas claras: *prebriefing*, escenario y *debriefing*, cada una con objetivos formativos específicos⁶.

Beneficios de la simulación en el desarrollo de habilidades clínicas, pensamiento crítico y toma de decisiones

El impacto de la simulación en la educación enfermera está ampliamente documentado. En primer lugar, mejora la adquisición de habilidades clínicas al permitir la repetición controlada de procedimientos como intubación, canalización o monitoreo hemodinámico². En segundo lugar, favorece el desarrollo del pensamiento crítico, ya que los escenarios plantean problemas clínicos que requieren priorizar información, interpretar datos y anticipar complicaciones⁴. Finalmente, la simulación mejora la toma de decisiones clínicas en entornos de presión, un elemento esencial en el ámbito de urgencias y cuidados críticos⁷. Al enfrentar a los estudiantes con situaciones de riesgo vital, se fortalece la capacidad de actuar con seguridad, rapidez y fundamentación científica¹. En conjunto, estos beneficios repercuten directamente en la seguridad del paciente, ya que los egresados que han entrenado en simulación presentan menor tasa de errores clínicos y mayor confianza en la práctica profesional².

207

FUNDAMENTOS CLÍNICOS Y PEDAGÓGICOS DE LA SIMULACIÓN EN ENFERMERÍA

La simulación clínica en enfermería es una estrategia basada en fundamentos clínicos y pedagógicos que promueven una educación integral y segura para los estudiantes, permitiéndoles practicar técnicas y tomar decisiones en un entorno controlado que reproduzca la realidad sin riesgo para el paciente. Este enfoque favorece la adquisición de conocimientos, habilidades y competencias para la atención directa^{8,9}.

Desde la perspectiva pedagógica, la simulación se fundamenta en el aprendizaje experiencial, el constructivismo y el aprendizaje basado en problemas. El aprendizaje experiencial plantea que el conocimiento se construye a través de la práctica activa y la reflexión sobre las experiencias. El constructivismo sostiene que los estudiantes

construyen activamente su aprendizaje mediante la interacción y el análisis crítico de sus acciones, mientras que el aprendizaje basado en problemas utiliza casos clínicos simulados para desarrollar la autonomía, el razonamiento y la resolución de problemas complejos¹⁰. Estas teorías explican por qué la simulación facilita un ambiente educativo dinámico y seguro donde se integra teoría y práctica.

Los principales beneficios de la simulación clínica en enfermería incluyen la mejora significativa en el desarrollo de habilidades técnicas, el pensamiento crítico y la toma de decisiones. En estudios se ha demostrado que los estudiantes que participan activamente en simulaciones obtienen mejores resultados cognitivos y prácticos en comparación con los métodos tradicionales, esto reflejado en evaluaciones posteriores a la práctica simulada⁸. La simulación también promueve la autoconfianza, el trabajo en equipo, la comunicación efectiva y la capacidad para manejar el estrés, elementos esenciales para la atención de calidad y seguridad en la vida real¹¹. El proceso de *debriefing* o reflexión posterior a la simulación es crucial, ya que permite analizar errores, aciertos y estrategias para mejorar el desempeño futuro, consolidando el aprendizaje significativo y la preparación clínica^{8,12}.

La simulación clínica en enfermería es una herramienta educativa indispensable que, sustentada en sólidos fundamentos clínicos y pedagógicos, potencia la formación de profesionales competentes y seguros, capaces de enfrentar con eficacia las demandas del cuidado de la salud. La evidencia científica respalda su uso como complemento efectivo para cerrar la brecha entre teoría y práctica, mejorando la calidad educativa y el desempeño en entornos clínicos reales.

FORMULACIÓN DE CASOS CLÍNICOS

El uso de casos clínicos en escenarios de simulación clínica es una estrategia pedagógica esencial en la formación de estudiantes de Enfermería, pues permite integrar conocimientos, habilidades y actitudes en contextos seguros. Para lograr aprendizajes significativos y transferibles, los casos deben diseñarse bajo estándares basados en evidencia, con objetivos medibles y evaluación alineada a competencias^{13,14}.

Metodología para diseñar casos clínicos realistas y pertinentes

El diseño de casos clínicos parte del análisis de necesidades educativas y de su alineación con el currículo. Se deben identificar brechas derivadas de cursos o indicadores de seguridad del paciente, formulando objetivos observables vinculados a competencias específicas como valoración, priorización, comunicación y seguridad del paciente¹⁵.

La selección de la modalidad y fidelidad debe responder al propósito educativo: paciente estandarizado, maniquí, simulación híbrida o *in situ*. La fidelidad es multidimensional (física, conceptual, psicológica) y debe ajustarse a los resultados deseados, evitando el exceso de realismo¹⁶. Durante el *prebriefing* se establecen reglas de confidencialidad, expectativas y el *basic assumption*, generando seguridad psicológica^{17,18}.

La narrativa del caso define el contexto, historia clínica, evolución, *cues* y *triggers*, que promueven el razonamiento clínico. También se estructuran roles y progresión fisiológica. La complejidad debe adecuarse al nivel educativo, considerando el marco SimZones (zonas 0-3), que orienta desde habilidades básicas hasta liderazgo interprofesional¹⁹.

Finalmente, se recomienda un piloteo con expertos de contenido para validar tiempos, coherencia y riesgos. Las políticas de operación, listas de chequeo y roles estandarizados garantizan la factibilidad del caso¹⁴.

Componentes esenciales y requisitos de calidad

El diseño debe cumplir estándares que aseguren coherencia y calidad. Entre los componentes clave destacan: objetivos SMART con mapa de competencias; recursos adecuados y fidelidad conceptual prioritaria sobre la cosmética; guía del facilitador con cronograma, algoritmos y respuestas esperadas; plan de *debriefing* alineado con los objetivos, y documentación trazable para una mejora^{15,20}.

RÚBRICAS

Diseño de rúbricas específicas para evaluar competencias técnicas, comunicativas y de razonamiento clínico

La formación de profesionales de la salud exige metodologías que permitan no sólo la adquisición de conocimientos teóricos, sino también el desarrollo de competencias prácticas, técnicas y actitudinales²¹. En este contexto, la simulación clínica y el uso de rúbricas de evaluación se consolidan como herramientas fundamentales para garantizar procesos de enseñanza-aprendizaje más objetivos y efectivos para la formación de profesionales de enfermería.

En la actualidad se considera un reto para la simulación, el establecimiento de criterios de evaluación del aprendizaje y la documentación de las competencias adquiridas durante la práctica. Esta información documentada es de suma importancia para el educando, ya que permite medir el avance del alumno y a que éste sea autónomo de su aprendizaje. En este sentido, las rúbricas se presentan como instrumentos cuantitativos que validan las competencias obtenidas, ya que permiten establecer criterios e indicadores precisos para valorar el desempeño del estudiante en diversos escenarios, tanto en el laboratorio como en la práctica clínica.

El diseño de las rúbricas de evaluación debe ser puntual. ¿Qué se quiere evaluar?, ¿quiénes serán evaluados?, ¿bajo qué criterios se evaluará?, ¿en qué condiciones se evaluará? y ¿cuáles serían las competencias que se van a adquirir posterior a la simulación? Existen dos tipos de rúbricas para aplicar en el proceso educativo: las rúbricas holísticas o globales y las analíticas^{22,23}. Las rúbricas holísticas o globales, como su nombre indica, se enfocan en la valoración del desempeño del estudiante en un todo, es decir, se centran en emitir un juicio general sobre un proceso (Fig. 1). Se aplican de manera sencilla y rápida, pero suelen ser muy subjetivas, ya que no evalúan el proceso al detalle y sólo brindan un puntaje final de todo el proceso. Por otro lado, las rúbricas analíticas se enfocan en evaluar metódicamente, deconstruyendo el proceso para entender el paso a paso, es decir, que se evalúan diversas aptitudes de diferentes competencias. Suele ser más detallada, ya que otorga niveles y brinda un puntaje determinado en cada uno de estos niveles.

Para cada aspecto se redactan criterios diferenciados según el nivel de desempeño esperado, articulando descriptores claros para distintos niveles (por ejemplo, «excelente», «satisfactorio», «en desarrollo», «deficiente»). Finalmente, se elige entre una rúbrica analítica (para evaluar y retroalimentar criterio por criterio) u holística (para una evaluación global del desempeño), en función de los objetivos pedagógicos y el tiempo disponible para la retroalimentación²⁴.

Ejemplos prácticos de rúbricas para retroalimentar diferentes tipos de simulación

Para la ejecución de rúbricas para el desempeño durante la simulación, se aborda el ejemplo de Alpuche-Hernandez, et al. (2021)²³, quienes mencionan en su estudio la elaboración y calibración de rúbricas destinadas a evaluar competencias clínicas mediante el examen clínico objetivo estructurado (ECO), en donde se somete a varias pruebas estandarizadas la validez y confiabilidad (Cronbach = 0.92-0.98) de la rúbrica, y se muestran criterios a evaluar como recogida de datos, exploración física, comunicación con el paciente, juicio clínico, procedimiento técnico y actitud profesional, teniendo éstos una estructura definida en puntajes del excelente a deficiente²³. La presente rúbrica se elaboró con base en el enfoque de evaluación por competencias clínicas descrito por Alpuche-Hernández²³, quienes proponen el uso de rúbricas con criterios observables y niveles de logro para valorar el desempeño de los estudiantes durante ejercicios de simulación o ECO. A partir de esta referencia se integran tres dimensiones del desempeño del estudiante de Enfermería: técnica-procedimental, comunicativa y colaborativa, adaptadas al contexto de la simulación clínica (Tabla 1).

En otro estudio realizado por Arribalzaga²⁵ se describe una rúbrica diseñada para evaluar historias clínicas simuladas en estudiantes de cirugía torácica. Esta rúbrica, estructurada en cinco ítems con calificación del 1 al 4, demostró ser un método evaluativo sólido. Además, su fiabilidad estadística (Cronbach = 0.73) confirma que la rúbrica es una alternativa válida y confiable para evaluar competencias clínicas mediante simulación. No obstante, el autor señala la necesidad de estudios adicionales para su aplicación en contextos clínicos reales. A partir de los planteamientos de Arribalzaga²⁵ y su propuesta de evaluación integral de competencias, la presente rúbrica valora de forma holística el desempeño clínico del estudiante en escenarios de simulación, abarcando dimensiones técnicas, cognitivas y actitudinales. Su aplicación permite observar la integración entre el saber, el saber hacer y el saber ser, pilares fundamentales de la formación en enfermería (Tabla 2).

En el artículo de Valencia, et al.²⁶ los autores diseñaron y aplicaron una rúbrica específicamente para valorar el desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes de Medicina durante las tres etapas principales de la simulación clínica: diagnóstico, intervención y reflexión. La rúbrica se estructuró en tres niveles de dominio (alto, medio, bajo) y definió criterios operacionales claros para cada etapa. Por ejemplo, en la fase de diagnóstico, el nivel alto implica que el estudiante «es capaz de diagnosticar y analizar el balance entre los beneficios y los riesgos de las pruebas y los tratamientos», mientras que los niveles medio y bajo indican disminución o ausencia de esta capacidad. Se destaca que la simulación clínica no sólo permite explorar el entorno clínico simulado, sino que también promueve competencias genéricas valiosas como el pensamiento crítico, la resolución de problemas, el trabajo en equipo y la autorregulación del aprendizaje a través de la retroalimentación inmediata. En línea con el enfoque de Valencia²⁶, quien destaca la importancia de la simulación clínica para el desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes de Medicina, se presenta la siguiente rúbrica adaptada para evaluar este proceso en entornos simulados. Esta herramienta permite valorar de manera integral las competencias cognitivas, técnicas y actitudinales de los estudiantes, facilitando una retroalimentación constructiva y orientada al aprendizaje (Tabla 3).

Tabla 1. Dimensiones del desempeño del estudiante de Enfermería				
Criterio	Excelente (4 puntos)	Bueno (3 puntos)	Satisfactorio (2 puntos)	Requiere ayuda (1 punto)
I. Desempeño técnico y preparación de procedimientos de seguridad				
Preparación del procedimiento	Organiza el área de trabajo y los materiales, verificando que todo funcione bien y aplicando los estándares de las instituciones. Normas (normal), protocolos terapéuticos	Organiza el área de trabajo suficientemente bien, pero olvida algunos de los materiales que se deben utilizar	Falla en organizar, recoger materiales o seguir algunas pautas predefinidas	Desorganizado, sin controlar el equipo y sin aplicación de normas básicas de seguridad
Ejecución técnica	Realiza el procedimiento con precisión, de manera lógica y con habilidad técnica adecuada	Procedimiento preciso con leves errores no críticos	Falla parcial o técnica de los procedimientos	Omite pasos clave, comete errores graves y pone en riesgo al paciente simulado
Adaptación ante imprevistos	Reconoce variantes clínicas y actúa con juicio adecuado y confianza	Detecta y corrige la mayoría de los imprevistos	Responde de forma tardía o incompleta a cambios clínicos o situación del paciente	No detecta ni responde adecuadamente ante cambios clínicos o situación del paciente
II. Comunicación terapéutica				
Presentación y explicación al paciente	Presenta claramente, describe el procedimiento en términos que el paciente pueda entender, inspira confianza	Presenta lo suficiente, quizá no con tantos detalles o específicamente cada arma en la categoría	Presentación confusa o explicación parcial	No se presenta o no explica el procedimiento
Escucha y empatía	Escucha activamente, valida emociones y mantiene contacto visual y tono adecuado	Escucha adecuada con pocas validaciones afectivas	Escucha parcial o respuestas poco empáticas	Ignora las expresiones o necesidades del paciente
Claridad comunicativa y verificación	Explica claramente, sin juicios, evita términos técnicos y verifica la comprensión del paciente	Comunicación clara con leves tecnicismos	Comunicación ambigua o confusa	Explicaciones inadecuadas o incomprensibles

(Continúa)

Tabla 1. Dimensiones del desempeño del estudiante de Enfermería (continuación)				
Criterio	Excelente (4 puntos)	Bueno (3 puntos)	Satisfactorio (2 puntos)	Requiere ayuda (1 punto)
III. Trabajo en equipo y gestión clínica				
Coordinación y liderazgo	Asigna roles, organiza al equipo y asegura cooperación en todo momento	Coordina la mayoría de las acciones y regula las actividades del equipo	Coordinación parcial, roles poco definidos	Falta de liderazgo o trabajo fragmentado
Comunicación entre miembros	Mantiene una comunicación fluida y asertiva con el equipo de trabajo	Comunicación adecuada, aunque con episodios de confusión	Comunicación limitada o tardía	Falta de comunicación o mensajes contradictorios
Priorización y manejo del tiempo	Identifica problemas críticos, organiza tareas y ajusta el ritmo según la situación clínica	Buena gestión del tiempo con pequeñas demoras o ajustes limitados	Desorganización moderada o demora en tareas prioritarias	Desorganización total, pérdida de control de la situación
16-20 puntos: desempeño excelente. 11-15 puntos: desempeño bueno. 6-10 puntos: desempeño satisfactorio. ≤ 5 puntos: desempeño insuficiente.				
Total:				

Tabla 2. Pilares fundamentales de la formación en Enfermería

Dimensión de competencia	Indicadores de desempeño	Excelente (4 puntos)	Satisfactorio (3 puntos)	Básico (2 puntos)	Insuficiente (1 punto)
Técnica	Realiza procedimientos siguiendo principios de seguridad, asepsia y protocolo clínico	Aplica con precisión todos los pasos del procedimiento, demostrando dominio técnico y autocontrol	Ejecuta correctamente la mayoría de los pasos, con mínimos errores no críticos	Presenta errores de secuencia o descuido leve en la técnica	Desconoce el procedimiento o incurre en errores que comprometen la seguridad del paciente simulado
	Uso racional del material y equipo	Selecciona y utiliza el material adecuado de forma eficiente	Utiliza el material con corrección, aunque con ligera falta de orden o previsión	Requiere ayuda para organizar o seleccionar material	Desperdicia recursos o usa material incorrecto
Cognitiva	Valoración y análisis de la situación clínica simulada	Identifica con claridad los signos relevantes y prioriza acciones basadas en juicio clínico	Reconoce la mayoría de los signos relevantes y prioriza adecuadamente	Omite datos importantes o requiere guía para priorizar	No identifica problemas ni prioriza adecuadamente
	Fundamentación científica de las decisiones	Justifica sus intervenciones con evidencia actual y razonamiento clínico sólido	Sustenta la mayoría de las decisiones con base teórica general	Presenta justificaciones parciales o poco precisas	No fundamenta sus acciones o lo hace de manera incorrecta
Actitudinal	Comunicación terapéutica y empatía con el paciente simulado	Muestra escucha activa, empatía y tono profesional durante toda la simulación	Mantiene una comunicación adecuada con momentos de empatía	Su comunicación es parcial o poco empática	Presenta una comunicación deficiente o poco profesional
	Trabajo en equipo y colaboración	Coopera activamente, coordina tareas y promueve el respeto entre compañeros	Participa de forma colaborativa con buena disposición	Participa de manera limitada o dependiente	Se muestra pasivo o genera conflictos en el grupo
	Autocrítica y disposición al aprendizaje	Reflexiona sobre su desempeño, reconoce áreas de mejora y propone acciones	Acepta retroalimentación y busca mejorar	Requiere guía para reflexionar sobre sus errores	No acepta críticas ni reflexiona sobre su desempeño
16-20 puntos por dimensión: desempeño excelente. 11-15 puntos: desempeño bueno. 6-10 puntos: desempeño satisfactorio. ≤ 5 puntos: desempeño insuficiente.		Total:			

Tabla 3. Evaluación en entornos simulados				
Dimensión	Excelente (4 puntos)	Satisfactorio (3 puntos)	Básico (2 puntos)	Insuficiente (1 punto)
Diagnóstico clínico				
Identificación de problemas y análisis de la situación				
	Identifica todos los problemas relevantes y los analiza en profundidad	Identifica la mayoría de los problemas y los analiza adecuadamente	Identifica algunos problemas, pero con análisis superficial	No identifica los problemas o el análisis es incorrecto
Intervención				
Toma de decisiones y aplicación de intervenciones				
	Toma decisiones fundamentadas y aplica intervenciones de manera efectiva	Toma decisiones adecuadas y aplica intervenciones con algunos errores menores	Toma decisiones limitadas y aplica intervenciones con errores significativos	No toma decisiones adecuadas o aplica intervenciones inapropiadas
Reflexión crítica				
Evaluación del propio desempeño y aprendizaje				
	Reflexiona de forma profunda sobre su desempeño y propone mejoras claras	Reflexiona sobre su desempeño y reconoce áreas de mejora	Reflexiona de manera superficial sobre su desempeño	No reflexiona sobre su desempeño o lo hace de manera incorrecta
Comunicación				
Claridad y efectividad en la comunicación con el equipo				
	Comunica de manera clara, efectiva y profesional en todo momento	Comunica de manera clara y efectiva en la mayoría de las situaciones	La comunicación es comprensible, pero con algunos momentos de confusión	La comunicación es confusa o inadecuada, dificultando la comprensión
Trabajo en equipo				
Colaboración y cooperación con los compañeros				
	Colabora activamente y promueve un ambiente de trabajo positivo y cooperativo	Colabora adecuadamente con los compañeros, aunque con momentos de pasividad	Colabora de manera limitada y requiere supervisión constante	No colabora o genera conflictos dentro del equipo
Rango de puntaje y descripción del desempeño: 17-20 puntos, excelente: desempeño sobresaliente en todos los dominios. 13-16 puntos, bueno: cumple la mayoría de los criterios con mínimas áreas de mejora. 9-12 puntos, satisfactorio: cumple parcialmente los criterios, requiere refuerzo. 5-8 puntos, insuficiente: desempeño deficiente, con fallas importantes en varios dominios.				
	Total:			

Rúbricas para la retroalimentación objetiva y formación continua

La retroalimentación es un elemento central del aprendizaje, ya que orienta al estudiante sobre su desempeño, identificando aciertos y áreas de mejora, y favorece la autorregulación y el aprendizaje autónomo. El enfoque dialógico y el concepto de *feedforward* amplían su efectividad, al proporcionar orientación sobre cómo mejorar en futuras tareas, promoviendo la reflexión y el ajuste continuo del desempeño²⁷.

En simulación clínica, las rúbricas complementan esta retroalimentación al definir criterios claros y observables para cada escenario, permitiendo evaluar objetivamente competencias y guiar la mejora del estudiante. La integración de rúbricas con retroalimentación formativa y *feedforward* fortalece la adquisición de habilidades críticas, la toma de decisiones y la seguridad del paciente, constituyéndose en una estrategia pedagógica eficaz para el aprendizaje significativo en ciencias de la salud.

DEBRIEFING COMO MÉTODO DE ENSEÑANZA POR SIMULACIÓN CLÍNICA

El uso de la simulación clínica se ha consolidado como una estrategia pedagógica innovadora en la formación de profesionales de la salud, debido a que permite el desarrollo de competencias y técnicas, cognitivas y actitudinales, mediante las experiencias prácticas en entornos controlados y seguros.

Dentro de este proceso, la etapa del *debriefing* ocupa un papel esencial, ya que constituye la fase de reflexión intencionada y consciente posterior a una experiencia de simulación clínica, donde los estudiantes analizan sus acciones, decisiones y resultados, también detectan las áreas de mejora y relacionan lo aprendido en el aula con la práctica profesional²⁸. En la licenciatura en Enfermería, el *debriefing* se ha posicionado como un recurso clave para fortalecer el aprendizaje significativo, la toma de decisiones clínicas y la capacidad crítica y reflexiva, con el fin de mejorar la calidad del cuidado y aumentar la seguridad del paciente²⁹.

El proceso de desarrollo del *debriefing* sugiere un intercambio con los alumnos sobre aquello que salió bien y lo que no, donde el papel del docente es el de mediador, permitiendo al estudiante la autoevaluación, donde identifique los errores y aciertos de las acciones realizadas, de igual forma permitiéndole identificar sus emociones con la finalidad de alcanzar un aprendizaje significativo.

Rol del docente en el debriefing

Para desarrollar un *debriefing* efectivo es necesario que el docente cuente con experiencia y habilidad en simulación clínica, siendo así una figura de facilitador o *debriefer*. Los facilitadores contribuyen como guía para el análisis de las acciones ejecutadas por los estudiantes durante la simulación, son los encargados del cumplimiento de los objetivos de aprendizaje de los estudiantes, participan en el análisis de los roles que cumplir por los estudiantes, colaboran en la evaluación del estudiante y son los encargados de promover un ambiente de respeto y confianza²⁹.

Rol del estudiante en el proceso de *debriefing*

Durante la etapa del *debriefing* el estudiante expresa sus puntos de vista sobre la práctica simulada, mediante un proceso de análisis y reflexión, expresa las emociones sentidas durante el escenario, identifica las áreas de oportunidad y realiza una introspección de los conocimientos adquiridos. A su vez, crea juicios clínicos y desarrolla habilidades como el pensamiento crítico, aumenta sus habilidades prácticas y construye planes de mejora para eventos futuros²⁹.

Importancia del *debriefing* en la formación de licenciados en Enfermería

Es muy importante que los estudiantes de Enfermería desarrollen habilidades clínicas, pensamiento crítico, capacidad de análisis y actitudes éticas para enfrentar retos de la práctica profesional. De esta manera el *debriefing* es de suma importancia en la formación profesional, desarrollando las siguientes competencias, habilidades técnicas y no técnicas:

- Consolidación del aprendizaje: permite a los estudiantes integrar la teoría desarrollada en el aula con la práctica, transformando la educación en un aprendizaje experiencial.
- Desarrollo de habilidades no técnicas: favorece la reflexión sobre las decisiones tomadas, el razonamiento clínico y el pensamiento crítico.
- Mejora de competencias comunicativas y de trabajo en equipo: en la parte del diálogo en el *debriefing* fomenta la escucha activa, la empatía y la colaboración.
- Seguridad del paciente: tras la puesta en marcha de la fase del *debriefing* se identifican errores en un entorno controlado. De esta manera los futuros licenciados en Enfermería adquieren conciencia de la importancia de la seguridad de la ejecución correcta de las técnicas, de la correcta toma de decisiones y de la importancia de la prevención de eventos adversos.
- Seguridad psicológica: permite al estudiante la expresión de sentimientos y emociones, reduciendo la ansiedad, la frustración y el estrés, y fortaleciendo la autoconfianza del estudiante³⁰.

216

Proceso de *debriefing*

El proceso de desarrollo de un *debriefing* exitoso incluye técnicas diferentes. La selección de dichas técnicas depende del nivel académico del estudiante, del aprendizaje que debe alcanzar y de los resultados esperados. El objetivo es alcanzar el razonamiento clínico y el pensamiento reflexivo a través de las técnicas de retroalimentación, *debriefing* y reflexión guiada³¹.

BIBLIOGRAFÍA

1. Dieckmann P. Simulation is more than technology: The simulation setting. Danish Institute for Medical Simulation, University of Copenhagen; 2009.
2. Issenberg SB, McGaghie WC, Petrusa ER, Lee Gordon D, Scalese RJ. Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: A BEME systematic review. *Med Teach*. 2005;27(1):10-28.
3. Maestre JM, Sancho R, Rábago JL, Martínez A, Rojo E, del Moral I. Diseño y desarrollo de escenarios de simulación clínica: análisis de cursos para el entrenamiento de anestesiólogos. *FEM*. 2013;16(1):49-57.
4. Dieckmann P, Molin Friis S, Lippert A, Østergaard D. Debriefing in simulation-based training: Facilitating reflection for deeper learning. *Simul Healthc*. 2009;4(2):118-27.

5. Torrenteras J. Las teorías de aprendizaje y la formación de herramientas técnicas. RED. 2012;(34):1-16.
6. Rudolph JW, Simon R, Dufresne RL, Raemer DB. Debriefing with good judgment: Combining rigorous feedback with genuine inquiry. *Anesthesiol Clin*. 2006;24(2):361-76.
7. Morales López S, Ávila Juárez SA, Daniel Guerrero AB, Molina Carrasco F, Olvera Cortés HE, Ortiz Sánchez AG, et al. ¿Cómo se construyen los escenarios para la enseñanza basada en simulación clínica? Facultad de Medicina UNAM; 2017.
8. Martínez GM, Matus ML. La simulación clínica en la adquisición de conocimientos en estudiantes de enfermería. *Rev Mex Enferm*. 2019;4(4):402-14.
9. Dura Ros M. Metodología de simulación clínica para el fortalecimiento de habilidades técnicas en enfermería. Universidad de la Sierra Sur; 2017.
10. Santillán Campos F. El aprendizaje basado en problemas como propuesta educativa para las disciplinas sociales y económicas apoyadas en el B-Learning. *Rev Iberoam Educ*. 2006 oct 10;40(2). Disponible en: <https://rieoei.org/historico/documentos/rie40a02.htm>.
11. López F, Ruiz E. Estrategias de simulación clínica para mejorar la toma de decisiones en estudiantes de enfermería. *Salud Educa México*. 2024;26(2):178-85.
12. Juguera M, et al. El debriefing como herramienta para el desarrollo del pensamiento crítico en simulación clínica. *Rev Enf Educación*. 2021;15(1):33-40.
13. INACSL Standards Committee; Watts PI, McDermott DS, Alinier G, et al. Healthcare Simulation Standards of Best Practice®: Simulation Design. *Clin Simul Nurs*. 2021.
14. INACSL Standards Committee; Charnetski M, Jarvill M. Healthcare Simulation Standards of Best Practice®: Operations. *Clin Simul Nurs*. 2021.
15. INACSL Standards Committee; Miller C, Deckers C, Jones MC, et al. Healthcare Simulation Standards of Best Practice®: Outcomes and Objectives. *Clin Simul Nurs*. 2021.
16. Carey J, et al. The How, When, and Why of High-Fidelity Simulation. En: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024.
17. Rudolph JW, Raemer DB, Simon R. Establishing a safe container for learning in simulation: the role of the presimulation briefing. *Simulation in Healthcare*. 2014;9(6):339-49.
18. INACSL Standards Committee; Decker S, Sapp A, Bibin L, et al. Healthcare Simulation Standards of Best Practice®: The Debriefing Process. *Clin Simul Nurs*. 2025.
19. Roussin CJ, Weinstock P. SimZones: An Organizational Innovation for Simulation Programs and Centers. *Acad Med*. 2017;92(8):1114-20.
20. Agency for Healthcare Research and Quality (AHRQ). TeamSTEPPS Pocket Guide. 2023. Disponible en: <https://www.ahrq.gov/sites/default/files/wysiwyg/teamstepps-program/teamstepps-pocket-guide.pdf>
21. González Delgado M, González Díaz H, González Díaz A. La evaluación por competencias: una necesidad en la educación médica. *Educ Med Super*. 2015;29(1):12-20. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21412015000100012
22. González Rueda A. La evaluación con rúbricas en el proceso educativo [Internet]. Bogotá: Universidad Sergio Arboleda; 2019. Disponible en: <https://repository.usergioarboleda.edu.co/bitstream/handle/11232/1993/La%20evaluaci%C3%B3n%20con%20r%C3%BAbricas%20en%20el%20proceso%20educativo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
23. Alpuche-Hernández A, Trejo Mejía JA, Peña Balderas J, Ortiz Montalvo A. Diseño y elaboración de rúbricas para evaluar competencias. *Revista Psicología Educativa* [Internet]. 2021;8(1):1-15. Disponible en: <https://revistapsicologiaeducativa.unam.mx/index.php/psicologiaeducativa/article/view/59>
24. ADEINSC. Rúbricas como evaluación en Ciencias de la Salud [Internet]. Madrid: Enfermería Comunitaria. Enfermería Comunitaria [Internet]. Disponible en: <https://www.enfermeriacomunitaria.org/web/attachments/article/1694/Rubricas%20para%20evaluacion%20en%20Ciencias%20de%20la%20Salud.pdf>
25. Arribalzaga EB. Rúbrica como evaluación de historia clínica simulada [Internet]. FEM Rev Fundac Educ Méd. 2016;19(2):93-99. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2014-98322016000200007
26. Valencia Castro M, Ortiz Hernández L, Hernández Medina M, et al. La simulación clínica como estrategia para el desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes de medicina. *Investigación Educ Médica*. 2019;8(1):13-20. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-50572019000100013
27. Moreno Olivos T, Ramírez Elías A. Evaluación formativa y retroalimentación del aprendizaje. En: Evaluación y aprendizaje en educación universitaria. Ciudad de México: CUAED; 2018. p. 65-80. Disponible en: <https://cuaed.unam.mx/publicaciones/libro-evaluacion/pdf/Capitulo-04-EVALUACION-FORMATIVA-Y-RETROALIMENTACION.pdf>
28. Cajamarca-Chillagana DE, Velasco-Acurio EF. Briefing y debriefing y su utilidad como herramienta en simulación clínica para estudiantes de ciencias de la salud. *La U Investiga*. 2021;8(1). Disponible en: <https://revistasoj.s.utm.edu.ec/index.php/lauinvestiga/article/view/471>
29. Sabei SD, Lasater K. Simulation debriefing for clinical judgment development: A concept analysis. *Nurse Educ Today*. 2016;45:42-7.
30. Cheng A, Grant V, Robinson T, et al. The Promoting Excellence and Reflective Learning in Simulation (PEARLS) approach to health care debriefing: a faculty development guide. *Clin Simul Nurs*. 2016;12(10):419-28.
31. Comité de Normas del INACSL. Estándares de mejores prácticas de simulación de atención médica. El proceso de informe posterior. *Clin Simul Nurs*. 2021;58:27-32. Disponible en: [https://www.nursingsimulation.org/article/S1876-1399\(21\)00098-0/fulltext](https://www.nursingsimulation.org/article/S1876-1399(21)00098-0/fulltext)

Importancia de la ingeniería biomédica en la simulación clínica

Miguel Ángel Aceves Pacheco y Efrén Huitrón Peralta

LA TECNOLOGÍA EN LA SIMULACIÓN CLÍNICA

En el presente capítulo mostraremos cómo la ingeniería y los avances en electrónica han ayudado a generar simuladores clínicos modernos, contemplaremos la importancia de gestionar, evaluar y desarrollar los simuladores en un centro de simulación, veremos diferentes aspectos técnicos para la toma de decisiones y, por último, hablaremos del metaverso y las tecnologías de realidad virtual (RV) y aumentada en la nueva forma de realizar simulación.

IMPACTO DE LA TECNOLOGÍA EN LOS SIMULADORES CLÍNICOS A LO LARGO DE LA HISTORIA (EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA EN LOS SIMULADORES CLÍNICOS)

218

*«I fear not the man who has practiced 10,000 kicks once,
but I fear the man who has practiced one kick 10,000 times».*

Bruce Lee

El imparable progreso tecnológico (sobre todo de los circuitos integrados y el uso de semiconductores) ha repercutido en el espacio y tiempo humanos, permitiendo que el mundo sea más grande y más pequeño a la vez, acortando el tiempo para transportarnos, alimentarnos, comunicarnos, curarnos e incluso en cómo entender y aprender del mismo.

Este progreso tecnológico ha venido influyendo en la medicina en la historia reciente. Por ejemplo, en la década de 1950 se produjo el desarrollo de equipos médicos modernos como el primer marcapasos, la máquina corazón-pulmón y el pulmón de acero (ventilador mecánico de presión negativa), los cuales fueron desarrollados por ingenieros y médicos¹.

En paralelo, en esa misma década ingenieros en electrónica crearían una asociación que ayudaría a aplicar sus conocimientos en problemas biológicos y médicos, y serían uno de los pilares para el desarrollo e innovación de equipos médicos¹.

Por otro lado, en la década de 1960, gracias a estos avances se crearían los primeros simuladores de alta fidelidad capaces de imitar y mostrar aspectos fisiológicos de un ser humano. Décadas después se crearían otro tipo de simuladores, sobre todo con la intención de generar habilidades para el manejo de las nuevas tecnologías en medicina². En la tabla 1 se muestra en forma resumida esta evolución de los simuladores como una forma de preparar a las generaciones en salud para los retos tecnológicos en medicina.

En la tabla 1 se puede ver cómo los simuladores tratan de cubrir las necesidades de entrenamiento en los avances en medicina. Para poner un ejemplo, los simuladores como el Gainesville anesthesia simulator podían ser controlados desde una sala adyacente. Este

Tabla 1. Tabla cronológica sobre los simuladores clínicos modernos²

Simulador	Descripción	Año
ResusciH-Anne	Permite ventilación boca a boca Hiperextensión de cuello Compresiones en pecho	Principios de 1960
SimOne	Computadora híbrida digital-analógica (4,096 palabras de memoria) Dilatación pupilar, parpadeo, apertura oral, movimiento de tórax, intubación endotraqueal	Mediados de 1960
Harvey	Simula 27 condiciones cardíacas, varía la presión arterial, respira, tiene pulso, emite sonidos cardíacos	Finales de 1960
GasMan H	Con computadora que contiene modelos matemáticos de fisiología y farmacología	Finales de 1960
SLEEPER-BODY	Utiliza procesadores avanzados para simular condiciones fisiológicas	Finales de 1960
Anestesia simulator recorder	Simulador con objetivos de aprendizaje, ayudas y retroalimentación	1989
CASE 1.2	Simulador que reproduce señales fisiológicas Utiliza Macintosh Plus	1987
CASE 2.0	Contiene un modelo de fisiología cardiovascular Utiliza el primer microprocesador de propósito general	1992
Gainesville anesthesia simulator	Maniquí completo con un simulador de pulmón que imita el consumo y distribución de gases	1990
Human patient simulator, Pediasim y ECS	Modelos de simuladores más portables	1990-2000
Entrenador de fibroendoscopios	Para el desarrollo de habilidades quirúrgicas	1987
Simulador quirúrgico de laparoscopia	Histeroscopia	1990
Minimally invasive surgical trainer virtual reality	Con evaluación de competencias en habilidades psicomotoras en cirugía	1990-2000
Entrenador de broncoscopia	Para residentes de neumología	2001

hecho no fue el único importante, sino también la creación de un espacio exclusivo para el entrenamiento en simulación². Los avances en los simuladores vinieron también de la evolución de estos espacios, dando nacimiento a los centros de simulación clínica y a la gestión tecnológica de estos mismos.

Los centros de simulación crearían a su vez la necesidad de gestionar los distintos simuladores, requiriendo de metodologías y herramientas para tener un mejor control en el inventario y contar con la disponibilidad de estos equipos. Los mantenimientos preventivos

y correctivos son los instrumentos que ayudarán a este objetivo. El ingeniero biomédico que cuenta con los conocimientos en medicina y tecnología aplicará estas herramientas de gestión, que se muestran en el siguiente apartado.

**LAS ACTIVIDADES DE LA INGENIERÍA BIOMÉDICA
EN LA SIMULACIÓN CLÍNICA**

**Gestión de simuladores y de la tecnología
en un centro de simulación**

Como ingeniero biomédico en un hospital o ingeniero clínico, la gestión eficaz de consumibles, accesorios, refacciones y equipos médicos es de suma importancia. En un centro de simulación clínica resulta fundamental aplicar una logística similar a los distintos simuladores y sus insumos, asegurando que se mantengan en condiciones óptimas y disponibles para las actividades en simulación.

Los riesgos físicos y eléctricos son factores que pueden afectar al funcionamiento y disponibilidad de los simuladores. Por ejemplo, la punción guiada por ultrasonido y colocación de un catéter en un acceso vascular central es un procedimiento que provoca un daño constante en el simulador durante las prácticas de los participantes.

Por tanto, contar con mecanismos de control de los simuladores a través de un inventario que permita clasificarlos por niveles de fidelidad (acorde a su semejanza con la realidad) o por tecnología (según la complejidad electrónica de su funcionamiento) permite gestionar los simuladores en un centro de simulación⁴, pudiendo clasificarse como se muestra en la tabla 2.

En dicha gestión de los simuladores es necesario llevar a cabo procesos de funcionamiento óptimo y tener guías de buen uso y un calendario de mantenimiento preventivo.

Esta periodicidad en los mantenimientos preventivos o de un mantenimiento predictivo se puede determinar en términos del tipo de función y frecuencia de uso (riesgo físico), y la necesidad de consumo eléctrico por baterías o instalación (riesgo eléctrico). Por ejemplo, en el caso de la práctica de un simulador para colocación de catéter venoso central, nos enfrentamos al riesgo físico provocado por presión, punción y perforación. Y por otro lado, tenemos también un riesgo eléctrico derivado del mal funcionamiento electrónico y eléctrico, provocando daños en la tarjeta electrónica principal^{5,6}.

Para una mejor gestión del mantenimiento preventivo de los simuladores se propone seguir un índice de prioridad de mantenimientos, calculado de forma matemática y que integra la fidelidad del simulador y aspectos como los riesgos físicos y eléctricos durante su uso.

Tabla 2. Clasificación de simuladores por fidelidad ⁴	
Alta	Modelan o simulan pacientes completos con múltiples variables fisiológicas integradas, controladas por <i>hardware</i> y <i>software</i> avanzados Uno de sus usos es en escenarios clínicos También se incluyen los simuladores virtuales, que constituyen la interacción avanzada entre humanos y computadoras
Media	Simulan un segmento anatómico y utilizan una computadora con el objetivo de mejorar una competencia
Baja	Simulan un segmento anatómico Se practican ciertos procedimientos y maniobras invasivas y no invasivas

Tabla 3. Variables con las que se colocará una ponderación jerárquica			
Subclasificación	Variable de subclasificación (X)	Elemento analizado	Variable que pondera cada factor (W)
Alta	XFa = 0.6	Fidelidad	WF = 0.3
Media	XFm = 0.3		
Baja	XFb = 0.1		
Clase I	XRF1 = 0.1	Riesgo físico	WRF = 0.4
Clase II	XRF2 = 0.3		
Clase III	XRF3 = 0.6		
Clase A	XREA = 0.1	Riesgo eléctrico	WRE = 0.9
Clase B	XREB = 0.3		
Clase C	XREC = 0.6		

La fidelidad, como vimos, se divide en tres tipos, de los cuales se propuso que tuvieran diferentes ponderaciones (donde la ponderación es designada con la letra X), siendo baja (XFb) < media (XFm) < alta (XFa).

Para el riesgo físico se propone dividirlo en tres tipos:

- Clase I (XRF1): correspondiente a aquellos simuladores que no se utilizan frecuentemente y que no necesitan ser puncionados o perforados.
- Clase II (XRF2): simuladores que se usan con frecuencia y/o que se introduce en sus cavidades algún dispositivo médico (videolaringoscopia).
- Clase III (XRF3): estos equipos son perforados y/o puncionados (los simuladores de accesos vasculares). Por lo anterior, se utiliza la siguiente jerarquía (XRE1) < (XRE2) < (XRE3).

Para el riesgo eléctrico se propone dividirlo en tres tipos:

- Clase A (XREA): simuladores con un suministro independiente de energía, por lo que son más regulados y no dependen del suministro eléctrico de alguna instalación.
- Clase B (XREB): usan baterías, pero tienen electrodos de descarga eléctrica para la desfibrilación.
- Clase C (XREC): dependen del suministro eléctrico que suministra la instalación.

Las ponderaciones quedarían de la siguiente forma (XREA) < (XREB) < (XREC).

Para integrar toda la información de las tres clasificaciones se asignó una ponderación a cada una de ellas. Para el caso de fidelidad más bajo, WF; para el caso de riesgo físico intermedio, WRF, y para el riesgo eléctrico alto, WRE. En la tabla 3 se resume lo anterior y se considera una ponderación a cada una de estas variables de una manera práctica.

Por tanto, el índice de prioridad para los mantenimientos preventivos de los simuladores se obtiene de la siguiente forma:

$$IPMPS = \sum_{i=0}^3 Xi \times Wi$$

Para poner un ejemplo, se considera un simulador de baja fidelidad (ponderación 0.1) un simulador para vía aérea, sin retroalimentación, que requiere de baterías para su uso (0.3) y cuyo uso es frecuente (0.3). Se considera tener la siguiente ponderación:

$$IPMPS1 = 0.1 \times 0.3 + 0.3 \times 0.4 + 0.3 \times 0.9 = 0.42$$

Ahora, si consideramos un simulador de alta fidelidad (0.6), por ejemplo un simulador virtual de broncoscopia, el cual requiere de energía eléctrica, no cuenta con baterías (0.6) y cuyo uso es frecuente, tenemos:

$$IPMPS1 = 0.6 \times 0.3 + 0.6 \times 0.4 + 0.3 \times 0.9 = 0.69$$

Por tanto, si comparamos los valores numéricos de los simuladores, queda claro que el simulador virtual de broncoscopia tiene una mayor prioridad de mantenimiento y de revisión continua por parte del ingeniero biomédico; sin embargo, también es importante la constante vigilancia durante su uso, ya que no está exento de daño. Las ponderaciones se ponen de manera ilustrativa; sin embargo, el lector considerará, acorde a su criterio, las que más le convengan.

En general, se puede priorizar la atención para los mantenimientos preventivos a los simuladores y disminuir el mantenimiento correctivo con la intención de obtener el máximo beneficio sin alterar la calidad de una simulación.

Por otro lado, contar con una evaluación de la tecnología médica es un aspecto fundamental, ya que con ello se determina la funcionalidad, la seguridad y la adquisición de una tecnología, por lo que se aborda en la siguiente sección.

Evaluación tecnológica de simuladores

La evaluación de los simuladores clínicos tiene como objetivo conocer el estado físico y funcional de los simuladores del centro para que puedan cubrir las necesidades para los escenarios clínicos y/o la mejora de una competencia, así como el costo económico del mismo. Por ejemplo, contar con un simulador para accesos venosos central con la fidelidad física adecuada (por ejemplo, que pueda seguir siendo visible al ultrasonido), el costo de cambiar el insumo, después de cierto número de prácticas para reemplazarlo, así como la viabilidad para reparar el simulador con la fidelidad técnica en su uso. Otro objetivo que persigue la metodología de evaluación tecnológica es conocer las características técnicas, educativas y de costo para su posible mantenimiento o reemplazo.

Se muestran algunos de los rubros que se propone utilizar en un centro de simulación clínica después de un curso de simulación:

- Daño físico del simulador y/o el insumo.
- Repercusión del daño en su funcionalidad o fidelidad de la simulación.
- Se encuentra con polvo o manchado.
- Uso apropiado durante la simulación.
- Uso de elementos electrónicos.
- Uso de baterías y de instalación eléctrica.
- Necesidad de un *software* especializado para su funcionamiento.

Por otro lado, evaluar las características de los simuladores para su adquisición busca garantizar que se tengan las especificaciones técnicas, médico-educativas, costos y compatibilidad con otras herramientas tecnológicas educativas⁶. La planeación de dicha adquisición debe seguir lo siguiente:

- Determinar la necesidad para la mejora de una o varias competencias. Ayudar al instructor del curso a resolver un problema en la mejora de una competencia para los participantes o alumnos.
- Traducción de los requerimientos que se necesitan del curso en especificaciones técnicas.
- El presupuesto del centro de simulación clínica o el soporte de alguna fundación o patronato que se tendrá para la adquisición del simulador.
- Evaluación de la infraestructura: que se cuenta con el espacio físico, las condiciones eléctricas y la red de internet, así como la compatibilidad con otras herramientas tecnológicas como los iPads, tabletas, pantallas, entre otros.
- Capacitación para el uso adecuado del simulador, así como el uso de todas las herramientas de retroalimentación que cuenta el simulador para la evaluación de una competencia.
- Soporte técnico: que el proveedor pueda brindar mantenimientos preventivos y correctivos (idealmente de dos años), así como de insumos necesarios y una larga vida útil para varias prácticas en la mejora de una competencia.

Estas características ayudan a elegir mejor un simulador acorde al objetivo de la competencia a desarrollar o mejorar. Sin embargo, algunos simuladores no cumplen con algunos criterios de compatibilidad, ya que utilizan para su manejo sistemas operativos macOS por su eficiencia de procesadores, pero que no son compatibles en Windows o Linux, por lo que en última instancia también debe de considerarse el criterio del experto que usa los simuladores.

En resumen, la metodología para la conservación, evaluación y adquisición de simuladores clínicos puede verse afectada por los presupuestos de las instituciones. Una alternativa de solución es con el desarrollo y construcción de simuladores de bajo costo.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SIMULADORES EN LA SIMULACIÓN CLÍNICA

A pesar de los avances en la tecnología, persisten diversos desafíos, especialmente cuando la tecnología utilizada es costosa o incluye componentes de alto precio. En el ámbito del equipo médico, los simuladores representan una inversión significativa tanto en su adquisición como en su mantenimiento. Un claro ejemplo son los simuladores de alta fidelidad, que replican parámetros fisiológicos muy similares a los de un ser humano real, lo que resulta en precios elevados.

Otros factores que pueden ser un problema son la cantidad reducida de proveedores que puedan suministrar los insumos necesarios y que no cuentan con un stock de refacciones o insumos debido al grado de especialización del simulador (por ejemplo, simuladores que se utilizan para especialización médica, como los que se ocupan para procedimientos invasivos [derrame pleural]) y el bajo presupuesto que se maneja en instituciones del sector público para la enseñanza, complicando aún más la adquisición de accesorios y refacciones del simulador.

La solución es la inventiva utilizando materiales cotidianos para realizar lubricantes para simuladores de vía aérea o, por otro lado, el diseño de un simulador de SpO₂ y su aplicación para un escenario clínico. Todas estas herramientas tienen un costo menor, por lo que se ha ideado generar simuladores de bajo costo cumpliendo diferentes criterios^{7,8}.



Figura 1. Diagrama y versión última del simulador de bajo costo. Se agregó un módulo *bluetooth* para control del dispositivo y para usarse como un selector de voces, manipulado a distancia para escenarios clínicos.

- ¿Cuál es la necesidad de construir un simulador?
- ¿Cuál será el objetivo del simulador a construir?
- ¿Cómo se gestionará el simulador a desarrollar (personal involucrado, material que se usará)?
- Pruebas del simulador de bajo costo.

En el Centro de Simulación Clínica del INER se ha llevado a cabo la elaboración de simuladores de bajo costo, partiendo de la necesidad de contar con un número suficiente de desfibriladores externos automáticos para su uso y reducir los tiempos durante la práctica en los cursos de soporte básico de vida, y utilizando los siguientes elementos:

- Microprocesador Arduino Uno.
- Módulo DFplayer mini.
- Cables con conector macho-macho.
- Bocina de 5 ohm.
- Caja de plástico (22.3 × 9.2 × 14 cm).
- Miniprotoboard de 170 puntos.
- Dos interruptores *push* botón.
- Interruptor de balancín.
- Leds de colores.
- Conector Kevin.

En la figura 1 se muestra un diagrama a bloques del simulador construido.

El simulador tuvo un precio estimado de 65 US\$. Se utilizó un microprocesador (placa de microcontrolador de dispositivos) y se diseñó un código para poder reproducir ciertas grabaciones de audio (instrucciones para colocación de parches, aviso de carga y descarga), prendido y apagado de leds, evento de encendido de equipo y para la detección del conector de cable de parches. Asimismo, este equipo se ocupó para la grabación de

voces, agregándole un circuito de *bluetooth* para escenarios clínicos del Curso Avanzado y Básico de Vía Aérea del Centro del INER.

Por último, añadimos que se han realizado otro tipo de simuladores de bajo costo, como es el caso del simulador para colocación de catéter, el cual se usa en el Curso de Accesos Vasculares y que tuvo un costo para su elaboración de 10 US\$.

En resumen, los simuladores de bajo costo han sido una opción para ciertos cursos de simulación que se imparten en el Centro de Simulación Clínica del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias y en otros centros de simulación de Latinoamérica⁷; sin embargo, existen tecnologías que también pueden ofrecer una simulación a un menor costo, como es el caso de los simuladores de RV, que veremos en el siguiente apartado.

METAVERSO

Desde el punto de vista etimológico, la palabra *metaverso* es un acrónimo de metauniverso, el cual proviene a su vez del griego *meta* ('más allá') y del latín *universus* ('total, todo lo que lo rodea'). La introducción del término por primera vez se ubica en el año 1992 y se atribuye al escritor estadounidense Neal Stephenson, cuando la utilizó en su novela de ciencia ficción *Snow Crash*, donde describe un espacio virtual en tres dimensiones (3D), colectivo y convergente donde los humanos interactúan con sus representaciones virtuales (avatares), que recorren el planeta a pie o en vehículo^{10,11}.

Al integrar los planteamientos de autores como Huidobro, Orellana y Biance¹⁰⁻¹², el metaverso es un entorno o un universo virtual inmersivo que replica el mundo físico y en el que se puede interactuar con otras personas, objetos y espacios, donde los seres humanos interactúan social y económicamente a través de sus avatares en un ciberespacio, el cual actúa como una «metáfora del mundo real», un mundo ficticio, donde existe una realidad similar a la vida real, pero sin las limitaciones físicas, económicas o de otra naturaleza.

Según Alex Rayón, vicerrector de Relaciones Internacionales y Transformación Digital de la Universidad de Deusto, citado por Huidobro¹⁰, «es más la definición de un momento que de un espacio. Será un momento en la historia donde será indistinguible el mundo digital y el físico. Los momentos de nuestra vida (ir a trabajar, comer con amigos o ir al cine, por ejemplo) serán indistinguibles en el plano físico y el virtual».

En 2013 se registra el auge de este concepto con el videojuego *Second Life*, de acceso gratuito, en el cual 70 millones de usuarios llegaron a desarrollar actividades, socializar, ganar dinero y realizar compras. Este juego permite a sus usuarios vivir una vida paralela a través de avatares personalizados. En la actualidad, este juego cuenta sólo con un millón de cuentas activas¹⁰.

Como otro ejemplo de esta idea de RV, en el año 2020 se lanza la plataforma *Decentraland*, donde unos 60 millones de usuarios alrededor del mundo pueden comprar parcelas de tierra, construir y monetizarlas. Asimismo, se presenta *Roblox*, un juego donde casi 200 millones de usuarios tienen la posibilidad de crear sus propios juegos y utilizan sus avatares para participar en los contruidos por otros¹⁰.

EL METAVERSO EN LA SIMULACIÓN CLÍNICA

Los ambientes virtuales han estado estrechamente relacionados con los dispositivos de interacción, principalmente por el tipo de retroalimentación visual, auditiva y táctil que

proveen. Las dos sensaciones, el gusto y el olfato, aún siguen siendo nichos de investigación para proveer de experiencias inmersivas completas.

La aplicación de estas tecnologías, en sus versiones contemporáneas, se ha incrementado en la práctica médica en los últimos años, y la evidencia ha demostrado que mejoran las prácticas clínicas y habilidades quirúrgicas¹³.

Realidad virtual

Se define como RV un entorno, que puede ser de apariencia real o no, que da al usuario la sensación de estar inmerso en él. Como norma general, este entorno es generado por un sistema informático y visualizado por el usuario mediante un dispositivo específico, que puede ser un casco o unas gafas, y dependiendo del sistema y de lo elaborado e inmersivo que pretenda ser, puede ir acompañado de otros elementos como sensores de posición y movimiento, guantes, sonido 3D, elementos como mandos para desplazarse o manipular los objetos del entorno¹⁴.

A medida que la tecnología ha avanzado y la tecnología educativa se ha vuelto más accesible, la RV se utiliza cada vez más para mejorar la experiencia educativa. La tecnología de RV crea un entorno inmersivo en el que el participante puede explorar y manipular entornos sensoriales multimedia en tiempo real. La RV tiene el potencial de mejorar el entorno clínico simulado al crear un entorno de aprendizaje clínico multisensorial de la vida real. El aprendizaje mediante simulación y RV utiliza la teoría educativa constructivista, mediante la cual los estudiantes construyen conocimiento a través de su interacción con el entorno de aprendizaje, en lugar de absorber información pasivamente. Las herramientas de aprendizaje de RV a menudo son autodirigidas y promueven la participación del estudiante para navegar por su propia experiencia de aprendizaje, lo que resulta en que el estudiante forme su propio conocimiento a través de un proceso autorregulado. Además, la RV tiene el beneficio de respaldar la adquisición de conocimiento para las habilidades de procedimiento, donde el usuario puede repetir los pasos del procedimiento de forma práctica a través del visor de RV tantas veces como sea necesario para que el estudiante individual se sienta seguro con el procedimiento, lo que facilita la práctica sin el riesgo de dañar al paciente¹⁵.

De acuerdo con las necesidades que los profesionistas de la salud demandan, se han tenido que encontrar soluciones con este tipo de tecnología inmersiva, de ahí la importancia de los ingenieros biomédicos dentro de la operatividad de los centros de simulación, tanto en instituciones educativas como en instituciones de salud. Se han desarrollado ciertas prácticas, como las que se describen a continuación.

Visualización de vídeo en 360°

Donde los participantes pueden adquirir conocimientos previos al escenario en un entorno de 360° con el objetivo de adquirir cierta carga cognitiva a través de emociones, que pueden ir acompañadas de otros sistemas inmersivos como la temperatura, audición y olfato.

Interacción con modelos anatómicos

Dentro de los escenarios de pregrado o posgrado, el uso de RV se ha vuelto una necesidad, al poder visualizar partes anatómicas con un alto realismo en donde el participante puede adquirir conocimiento de acuerdo con las competencias a evaluar dentro de



Figura 2. Participante de pregrado utilizando realidad virtual del modelo anatómico de oído.

escenarios de simulación. Como podemos observar en la figura 2, donde el escenario es realizar una práctica de exploración de oído, primero se lleva al participante a que ingrese en el modelo anatómico en 3D de manera inmersiva y así poder practicar a través de un modelo tipo maniquí o paciente estandarizado.

Serious game

227

Son juegos diseñados con un propósito principal distinto al mero entrenamiento, donde el uso de la RV juega un papel importante para el manejo de habilidades de algún escenario quirúrgico de diagnóstico o tratamiento; por ejemplo, abordaje quirúrgico, simulación de una cirugía, visualización de imágenes médicas o tratamiento farmacológico.

Realidad aumentada

Al contrario que en la RV, en la realidad aumentada no se está inmerso dentro del entorno y el dispositivo suele ser un teléfono móvil o una tableta, desde la que vemos nuestro entorno real a través de la cámara y sobre ella se muestran elementos inexistentes que corresponden al entorno virtual, por lo que podemos definir la realidad aumentada como una combinación visual de elementos reales y virtuales que interaccionan entre ellos¹⁶.

Realidad híbrida o mixta

La realidad mixta es un poco más complicada de definir, ya que en teoría comprende todo lo que se encuentre entre la RV, es decir, la total inmersión sin contacto con el mundo real, y la realidad aumentada, que es la combinación de elementos virtuales con el mundo real. Aquí empiezan las discrepancias en cuanto a su definición, pues hay quien piensa que todo lo que sea realidad mezclado con virtualidad es realidad mixta, lo que implicaría que el uso de un mando como, por ejemplo, unas gafas HTC, sería realidad mixta, mientras que otros consideran que la realidad mixta pasa de forma obligada por cumplir con las características de la realidad aumentada y ofrecer algo más¹⁷.

Se perfilan dos conceptos: el primero, la RV, donde todo lo que rodea es ficticio y en el que conseguimos una inmersión total, y por otro lado, la realidad aumentada, donde somos conscientes del entorno real en todo momento y sobre el cual se propone («aumenta») el contenido virtual adicional. Existe un tercer concepto, el de realidad mixta, que está sujeto a interpretación y sobre el que los autores ya se han posicionado. La realidad mixta puede comprender desde lo que deja de ser totalmente virtual hasta lo que no llega a ser totalmente real. Este concepto se conoce como continuo de la virtualidad y fue definido en 1994 por Paul Milgram y Fumio Kishino¹⁷.

BIBLIOGRAFÍA

1. Nebeker F. Golden Accomplishments in Biomedical Engineering. *IEEE Eng Med Biol Mag*. 2002;21(3):17-47.
2. Cooper JB, Taqueti VR. A brief history of the development of mannequin simulators for clinical education and training. *Qual Saf Health Care*. 2004;13(Suppl 1):i11-8.
3. Elahi B. *Safety Risk Management for Medical Devices*. 2.ª ed. Academic Press, Elsevier; 2022. p. 71-81.
4. Giles-Guzmán N, Estrada-Durán DM, Montes-Osorio MG. Prácticas actuales de mantenimiento y limpieza en equipos de simulación clínica. *Rev Latinoam Simul Clin*. 2025;7(1):25-31.
5. Ortiz-Posadas MR, Vernet-Saavedra EA. Índice de prioridad de seguridad eléctrica para equipo médico (IPSEEM). *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*. 2007;28:21-27.
6. Piedra Noriega ID, Eraña Rojas IE, Segura-Azuara NA, Hambleton Fuentes A, López Cabrera MV. Designating criteria for educational technology assessment. *Educ Med*. 2019;20(S2):108-13.
7. Sánchez-Vásquez U, Méndez Gutiérrez E. Diseño, elaboración y validación de un simulador realista y de bajo costo para exploración cardíaca. *Gac Med Mex*. 2021;157:25-9.
8. Rubio Martínez R, Corvetto M, Olvera Cortés HE. Simuladores de bajo costo realizados en casa. *Federación Latinoamericana de Simulación Clínica y Seguridad del Paciente*. 2022.
9. Sharma D, Agrawal V, Bajaj J, Agarwal P. Low-cost simulation systems for surgical training: a narrative review. *Journal of Surgical Simulation*. 2020;7:33-52.
10. Medranda Morales N, Arcos Agudo M. Metaverso. En: Blockchain, criptoactivos y metaverso. Una aproximación teórica [Internet]. Quito: Editorial Abya-Yala; 2023. p. 91-106. Citado Huidobro (2021) dentro del texto.
11. Orellana FJ, Rossi M. El metaverso. Primeras aproximaciones. En: Noble I, et al., editores. Resolución de conflictos y metaverso. *elDial.com*; 2024. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/734290634/Libro-Resolucion-de-Conflictos-y-Metaverso>
12. Binance Academy. What is the Metaverse? [Internet]. Binance; 2021. Disponible en: <https://academy.binance.com>
13. Cao C, Cerfolio RJ. Virtual or augmented reality to enhance surgical education and surgical planning. *Thorac Surg Clin*. 2019;29(3):329-37.
14. Navarro FA. *Diccionario crítico de dudas inglés-español de medicina*. 3.ª ed. Madrid: McGraw-Hill Interamericana; 2018.
15. Chang CW, et al. Application of virtual reality in medical education. *J Formos Med Assoc*. 2019;118(1):6-12.
16. Azuma RT. A survey of augmented reality. *Presence (Camb Mass)*. 1997;6(4):355-85.
17. Milgram P, Kishino F. A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Trans Inf Syst*. 1994;E77-D(12): 1321-9.

Alcances, limitaciones y futuro de la educación por simulación

Angélica García Gómez y Miguel Ángel Ramírez Hernández

ALCANCES DE LA EDUCACIÓN MÉDICA POR SIMULACIÓN: ENTRE LA PROMESA CUMPLIDA Y EL PUNTO DE INFLEXIÓN

Hablar de los alcances de la educación médica por simulación implica más que enlistar sus ventajas técnicas o repetir sus beneficios potenciales. La simulación ha dejado de ser una novedad para convertirse en una realidad transversal en múltiples etapas de la formación médica, desde el pregrado hasta el posgrado. En este contexto, el análisis de sus alcances requiere una mirada contextualizada: ¿qué ha transformado realmente en las aulas y hospitales?, ¿qué dimensiones del aprendizaje ha logrado tocar de manera profunda y sostenible?, ¿cuáles son los frutos visibles de su aplicación consciente, ética y crítica? Este capítulo propone revisar los alcances reales de la simulación no sólo como estrategia pedagógica, sino como práctica institucional, cultural y humana en la formación médica.

229

La simulación como transformación pedagógica

Uno de los logros más relevantes de la simulación es haber establecido un nuevo estándar pedagógico: el derecho a aprender sin poner en riesgo al paciente¹. Esto implica no sólo una evolución técnica, sino un cambio ético y cultural en el contexto médico. El acto de aprender ha dejado de estar asociado al riesgo de dañar para pasar a un entorno seguro, controlado, repetible y retroalimentado. Más allá del maniquí o el paciente estandarizado, la simulación ha consolidado la posibilidad de fallar sin consecuencias irreversibles, lo que redefine la experiencia del error en medicina: ya no como fracaso, sino como una valiosa herramienta de aprendizaje.

Esta resignificación del error es fundamental en especialidades clínicas complejas como la neumología, donde una intubación fallida, una demora en reconocer insuficiencia respiratoria o la elección incorrecta de una estrategia ventilatoria pueden tener consecuencias graves en la práctica real. El espacio protegido de la simulación otorga al estudiante la posibilidad de ensayar, fallar, repetir y finalmente consolidar un desempeño seguro antes de enfrentarse al paciente.

Estos ejemplos ilustran cómo la simulación ha transformado de manera tangible la práctica docente y clínica, mostrando cambios concretos en las aulas y los hospitales.

Habilidades técnicas, cognitivas y blandas

La simulación ha permitido no sólo la práctica de procedimientos, sino su refinamiento y evaluación con criterios explícitos. Esto ha fortalecido la profesionalización de

habilidades técnicas, con un enfoque más transparente y equitativo en la enseñanza². Además, en escenarios bien diseñados, ha favorecido el desarrollo de criterios clínicos, no sólo destrezas manuales. La simulación no sólo enseña a «intubar», sino también cuándo, por qué y en qué contexto hacerlo.

Un ejemplo claro de este avance es la simulación de alta fidelidad, que ha permitido recrear respuestas fisiológicas realistas y entrenar equipos de salud en el manejo de crisis médicas, reanimación avanzada o fallas ventilatorias. En el campo de la neumología, esto se traduce en la posibilidad de entrenar escenarios complejos como la atención de exacerbaciones graves de EPOC, la resolución de crisis asmáticas o la identificación de complicaciones durante una broncoscopia³. Tales situaciones, difíciles de anticipar en la práctica clínica real, encuentran en la simulación un espacio seguro para el aprendizaje progresivo.

Un aporte menos visible pero cada vez más valorado de la simulación es su papel en el desarrollo de las llamadas habilidades blandas: comunicación empática, escucha activa, trabajo en equipo, liderazgo y regulación emocional⁴. En ambientes simulados, el estudiante no sólo representa un rol clínico, también se enfrenta a sus propias emociones, a sus prejuicios, a la dificultad de dar malas noticias o de reconocer un error. Esto no ocurre fácilmente en entornos tradicionales de práctica. La simulación *in situ*, por ejemplo, ha mostrado un valor agregado al permitir detectar fallas de comunicación y retos organizacionales dentro de los propios servicios hospitalarios, promoviendo una cultura de seguridad y mejorando la coordinación interprofesional⁵.

Así, la simulación impacta de manera sostenida en múltiples dimensiones del aprendizaje: habilidades técnicas, cognitivas y profesionales, evidenciando su efecto profundo y perdurable en la formación del estudiante.

Innovación, investigación y nuevos horizontes

Uno de los logros más significativos es el avance hacia formas de evaluación más justas, observables y orientadas a competencias. Mediante listas de cotejo, rúbricas y observación estructurada, la simulación permite evaluar no sólo conocimientos, sino desempeños clínicos integrales⁶. Esto tiene un impacto importante en la equidad educativa: se reduce la subjetividad, se visibiliza el progreso del estudiante y se promueve un *feedback* más útil, inmediato y orientado a la mejora.

La simulación ha tenido un impacto concreto en la promoción de la cultura de seguridad dentro de los entornos clínicos formativos⁷. A través de escenarios que reproducen errores comunes, fallas de comunicación o eventos adversos, se han creado espacios donde la seguridad del paciente se aprende como principio operativo, no sólo como valor teórico.

Más recientemente, la incorporación de realidad virtual, gamificación e inteligencia artificial ha abierto un horizonte innovador. Estas tecnologías permiten entrenar procedimientos complejos de forma inmersiva, optimizar procesos de toma de decisiones y ofrecer experiencias de aprendizaje autónomo y personalizado⁸. En el futuro cercano, es posible imaginar simulaciones que adapten en tiempo real los escenarios clínicos a las respuestas del estudiante, creando un aprendizaje verdaderamente individualizado.

Otro alcance significativo, aunque menos visibilizado, es el impacto de la simulación sobre la formación del profesorado. Quienes se han involucrado en la creación de escenarios, en la conducción de *debriefings* o en la evaluación estructurada de competencias, han vivido un proceso de reconfiguración de su rol docente⁹. Asimismo, la simulación se ha consolidado como un espacio para la investigación en educación médica, tanto en

pregrado como en posgrado². Esta dimensión investigativa fortalece no sólo la docencia, sino la calidad misma de los sistemas de salud.

Finalmente, uno de los alcances más profundos es que la simulación ha abierto un espacio inédito para discutir dilemas éticos no sólo desde la teoría, sino desde la representación vivencial⁴. La vivencia de situaciones simuladas, como la retirada de soporte vital o la comunicación de un pronóstico desfavorable, provoca en el estudiante una reflexión ética que difícilmente se alcanza desde la lectura de un caso en papel.

Estos ejemplos muestran los frutos visibles de la simulación cuando se aplica de manera consciente, ética y crítica, evidenciando sus aportes concretos a la formación, la investigación y la innovación educativa.

Reflexión

Hablar de los alcances de la simulación no implica ignorar sus límites o sus desafíos futuros. Implica reconocer hasta dónde ha llegado cuando se implementa con sentido pedagógico, ético y crítico. No todo lo que se llama simulación transforma. Pero allí donde hay intención, cuidado y diseño, la simulación ha sido una herramienta poderosa para educar médicos más seguros, más reflexivos y humanos.

LIMITACIONES DE LA EDUCACIÓN POR SIMULACIÓN

La simulación clínica, al ser una metodología educativa innovadora que aborda el error como una oportunidad de aprender, implica un diseño fundamentado y muy bien pensado para lograr los objetivos, permitiendo identificar lo que necesitamos y lo que no, antes, durante y después de correr el escenario de simulación. La reflexión que se recomienda realizar al final del escenario con todos los actores permite encontrar limitaciones en la simulación durante todo el proceso y poder encontrar soluciones a futuro.

231

Limitaciones técnicas

La fidelidad limitada del entorno puede afectar al aprendizaje de los estudiantes si el objetivo se relaciona con éste. Por ejemplo, los simuladores, pieza clave cuando buscamos que el estudiante realice algún procedimiento, si no replica con precisión todos los aspectos de la realidad, puede generar una falsa sensación de competencia.

Los costos de los simuladores, equipos y *software* especializado, que suelen tener precios elevados, limitan el acceso a universidades, hospitales, centros de entrenamiento, etc., por lo que la opción de los simuladores de bajo costo pueden subsanarlo en prácticas que no requieran reacciones fisiológicas o patológicas complejas.

Las limitaciones tecnológicas en zonas marginadas o de difícil acceso para red de internet o luz eficiente provocan que no se puedan utilizar equipos y simuladores por el riesgo de sufrir daño por cambios de voltaje, dificultando crear escenarios de alta tecnología.

Las limitaciones pedagógicas

La formación y capacitación docente son indispensables para generar adecuados escenarios de simulación, desde el diseño hasta la evaluación. Una guía sólida con un *debriefer* competente asegura que el estudiante pueda reflexionar su aprendizaje y genere nuevos conocimientos en un entorno psicológicamente seguro.

Escenarios mal diseñados, muy largos, demasiado breves, con objetivos de aprendizaje poco claros y/o demasiados, pueden afectar a la calidad del aprendizaje. La claridad del resultado de aprendizaje hace que las limitaciones sean menores o nulas.

El *debriefing* como parte fundamental de la simulación requiere que el *debriefeer* tenga un entrenamiento previo y conozca los tipos de *debriefing* para guiar la conversación de aprendizaje hacia una reflexión profunda y hacer consciente al estudiante sobre lo que sucedió en la simulación. Sin esto, se limita el aprendizaje a una realimentación superficial donde la voz de *debriefing* es la que sobresale sin posibilidad de generar el autoaprendizaje del estudiante, y esta limitación puede mermar el interés del estudiante por aprender.

Una limitación que surge cuando existe la innovación es la resistencia al cambio, y la simulación no es la excepción, por la creación de nuevas áreas, compra de equipos y aprender una nueva metodología educativa. Los entornos tradicionales rechazan la adopción y generan un atraso educativo, sabiendo que la tecnología juega un papel importante en la formación de los futuros profesionales, que deberán trabajar en ambientes inmersos en desarrollo tecnológico.

Limitaciones en las especialidades médicas

La fidelidad que requieren las especialidades quirúrgicas es indispensable por la complejidad de los procedimientos y la asertividad que se requiere. A pesar de que existen en el mercado simuladores de alta tecnología, los costos elevados pueden dificultar su adquisición y no replicar con precisión la resistencia de tejidos, el sangrado real o la variabilidad anatómica, por lo que la tendencia es utilizar modelos híbridos o cadavéricos por el altísimo valor académico en el aprendizaje de los residentes y los especialistas en la educación continua. Reconocer el potencial del uso de cadáveres pudiera ser la solución, pero también tiene limitaciones importantes que atener por el costo y la logística que se requiere al crear instalaciones especiales, permisos éticos, conservación adecuada y manejo legal del material biológico. Otro punto importante es que no todas las instituciones tienen acceso a cadáveres, lo que restringe su uso a centros académicos con programas bien establecidos; y aunque la anatomía es real, no hay reacciones fisiológicas como cambios hemodinámicos. Por último, los aspectos culturales también pueden limitar su uso o rechazo en ciertos contextos sociales o religiosos.

En áreas como medicina interna o urgencias, los casos reales presentan una complejidad que es difícil de reproducir completamente en escenarios simulados, y en psiquiatría o cuidados paliativos la simulación no siempre logra transmitir la carga emocional, el vínculo terapéutico o la ambigüedad de los síntomas.

Otras áreas como la rehabilitación o fisioterapia carecen de simuladores que permitan realizar maniobras musculoesqueléticas, específicamente en articulaciones con alto realismo, que facilite la práctica y el aprendizaje en los estudiantes, recurriendo a prácticas entre pares.

Reflexión

Las limitaciones de la simulación son significativas, y es importante considerarlas cuando se crea un nuevo centro de simulación o se inserta al currículum en la formación de pregrado o de posgrado. Tener una visión clara del ¿para qué?, ¿cómo?, ¿cuándo?, ¿por qué? y ¿en quién? facilita la inserción de la simulación y la toma de decisiones sobre el rumbo que tendrá, recomendando que se trabaje interdisciplinariamente y transdisciplinariamente por la visión global que se requiere en tecnología, infraestructura y logística operativa.

PERSPECTIVAS FUTURAS DE LA EDUCACIÓN BASADA EN SIMULACIÓN

El futuro de la educación basada en simulación a nivel intrahospitalario se vislumbra como una estrategia integral que trasciende el proceso de enseñanza-aprendizaje para convertirse en un pilar de la calidad asistencial, la seguridad del paciente y la innovación institucional. Con el avance tecnológico, la implementación de programas *in situ* y la incorporación de modelos de evaluación continua, la simulación dejará de ser un recurso complementario para consolidarse como un elemento estructural en la organización y funcionamiento de los hospitales del siglo XXI.

Simulación *in situ* y transformación de la práctica hospitalaria

Uno de los ejes de desarrollo más prometedores es la simulación *in situ*, realizada dentro de los propios servicios hospitalarios. A diferencia de los centros externos de simulación, esta modalidad permite reproducir escenarios realistas en los espacios donde ocurren los eventos clínicos cotidianos. Con ello, los equipos de salud pueden entrenar habilidades técnicas y de comunicación en un contexto que incorpora los recursos reales del hospital, identificando de manera temprana fallas en procesos, deficiencias logísticas y áreas de mejora en la coordinación interdisciplinaria⁵.

El futuro apunta a que cada hospital cuente con programas estructurados de simulación *in situ* como parte de su estrategia institucional de seguridad del paciente y capacitación continua. Estos ejercicios se convertirán en un estándar para evaluar la efectividad de protocolos, validar circuitos de atención y preparar a los equipos frente a emergencias críticas. Además, los directivos podrán rediseñar procesos asistenciales en entornos simulados antes de aplicarlos en la práctica real, lo que reducirá riesgos y optimizará recursos, favoreciendo la resiliencia institucional.

233

Innovaciones tecnológicas y aprendizaje inmersivo

La incorporación de nuevas tecnologías será un catalizador en la evolución de la simulación clínica hospitalaria. El avance de la realidad virtual y aumentada, los simuladores de alta fidelidad y los entornos inmersivos con inteligencia artificial permitirán escenarios cada vez más sofisticados, donde los profesionales puedan entrenar procedimientos complejos o enfrentar situaciones raras con un realismo sin precedentes⁸.

La inteligencia artificial, en particular, ofrecerá sistemas capaces de generar pacientes virtuales adaptativos que respondan en tiempo real a las decisiones del equipo clínico. Además, el uso de *big data* hospitalario permitirá crear escenarios basados en patrones epidemiológicos y casos clínicos reales, ajustando los entrenamientos a las necesidades específicas de cada institución⁸.

Simulación interprofesional

Nos enfrentamos a un mundo cambiante, con retos tecnológicos y ambientales que transforman la vida del ser humano. Que mejor ejemplo que la pandemia por la COVID-19, que nos dió grandes lecciones, siendo la más fuerte la supervivencia del más fuerte o el más capaz. En las ciencias de la salud ésta se encaminó al trabajo colaborativo e interprofesional que se necesitó para atender a los pacientes. Cuando permeaba el temor a lo que nos

enfrentábamos, apareció la simulación para realizar prácticas de nuevos procedimientos o recordar aquellos que, por falta de práctica, olvidamos. A partir de entonces, la simulación interprofesional ha recobrado fuerza, y será indispensable que el profesional de la salud conozca y reconozca a otros profesionales en escenarios que permitan conversaciones de aprendizaje en entornos seguros con la posibilidad de identificar las fortalezas y aplicar estrategias cuando existan debilidades. Actualmente ya no se concibe que el estudiante egrese sin aprender a trabajar colaborativamente.

CONCLUSIONES

La simulación clínica en el futuro no sólo será una metodología educativa, será el entorno principal donde se diseñen, prueben y validen las decisiones médicas antes de que toquen la realidad. Será el puente entre la medicina humana y la medicina aumentada por inteligencia artificial. Antes de realizar una intervención, el médico simulará el procedimiento en un entorno virtual hiperrealista. Se evaluarán múltiples escenarios: efectos secundarios, complicaciones, respuesta inmunológica, impacto psicológico, etc., y sólo las decisiones que superen ciertos umbrales de seguridad, eficacia y ética serán autorizadas para su ejecución en el mundo real.

La simulación será el laboratorio universal de las ciencias de la salud.

BIBLIOGRAFÍA

1. McGaghie WC, Issenberg SB, Petrusa ER, Scalese RJ. A critical review of simulation-based medical education research: 2003-2009. *Med Educ*. 2010;44(1):50-63.
2. Ajemba NMN, Ikwe NC, Iroanya NJC. Effectiveness of simulation-based training in medical education: assessing the impact of simulation-based training on clinical skills acquisition and retention: a systematic review. *World J Adv Res Rev*. 2024;21(1):1833-43.
3. Nicolau A, Berger-Estilita J, van Meurs WL, Lopes V, Lazarovici M, Granja C. Healthcare simulation—past, present, and future. *Porto Biomed J*. 2023;9(5):270.
4. Zhang C. A literature study of medical simulations for non-technical skills training in emergency medicine: twenty years of progress, an integrated research framework, and future research avenues. *Int J Environ Res Public Health*. 2023;20:4487.
5. Quek FF, Meldrum S, Hislop J. A systematic scoping review of the current applications of digital technology in undergraduate surgical education. *Cureus*. 2025;17(1):e77278.
6. Nestel D, Novio J, Eikeland-Husebø S, O'Donnell JM. Simulación para el aprendizaje y la enseñanza de habilidades procedimentales: el estado de la ciencia. *Simul Healthc*. 2011;6(7):S10-3.
7. Dunn W, Dong Y, Zendejas B, Ruparel R, Farley D. Simulation, mastery learning and healthcare. *Am J Med Sci*. 2017;353(2):158-65.
8. Lateef F. Maximizing learning and creativity: understanding psychological safety in simulation-based learning. *J Emerg Trauma Shock*. 2020;13(1):5-14.
9. Van Der Merwe A, Barnes RY, Labuschagne MJ. The PIER framework for healthcare simulation integration in undergraduate physiotherapy education. *BMC Med Educ*. 2022;22:1.

El modelo de simulación de la *Cleveland Clinic*: construyendo una comunidad interprofesional mundial

Eduardo Mireles-Cabodevila y Kathleen A. Mau

INTRODUCCIÓN AL *SIMULATION AND ADVANCED SKILLS CENTER*

El centro de simulación de la *Cleveland Clinic*, *Simulation and Advanced Skills Center* (SASC), es el epicentro para la educación basada en simulación, la evaluación de sistemas y la innovación en toda la institución (Fig. 1). Desde su apertura en 2012 como un área única de simulación, ha evolucionado para consolidarse como un programa multisede que brinda servicios en el campus principal, hospitales regionales y centros satélite en Ohio. Más recientemente, se ha expandido a Florida y ha asumido el liderazgo en la integración global de la simulación en las sedes de Londres, Abu Dhabi, Toronto y otras ubicaciones (Fig. 1).

235

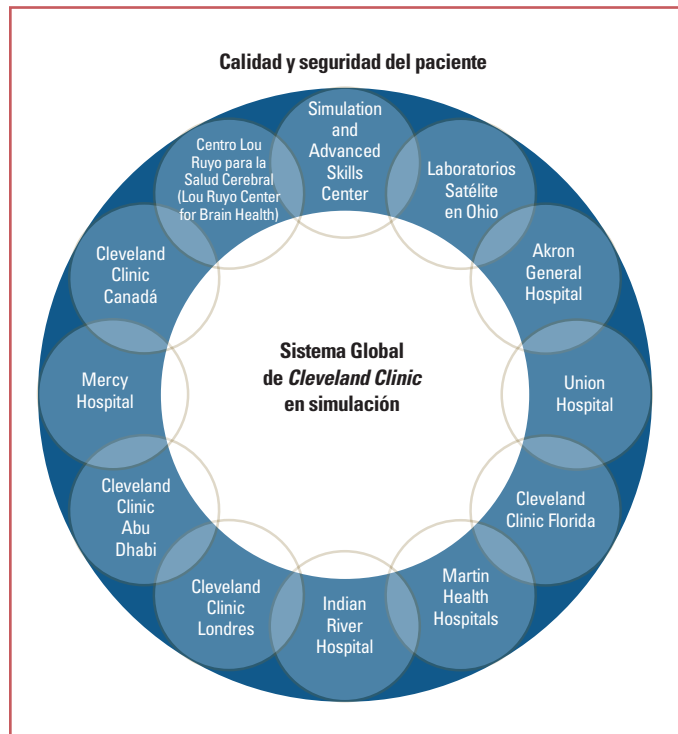


Figura 1. Sistema global de la *Cleveland Clinic* en simulación.

El SASC atiende a una comunidad diversa, desde médicos en formación, enfermeras, profesionales, terapeutas respiratorios, equipos de respuesta prehospitalaria e incluso estudiantes en etapas escolares (K-12). Usamos la palabra *caregiver* para resaltar a todo empleado de la *Cleveland Clinic*, lo cual subraya que todos estamos trabajando para el bienestar de alguien. El SASC ofrece experiencias formativas a todos los *caregivers* que fortalezcan la competencia clínica, mejoren la seguridad del paciente y fomenten la colaboración interprofesional.

En 2025, el SASC de Ohio registró más de 46,000 encuentros de aprendizaje, en comparación con los 17,000 encuentros de 2017, lo que refleja un crecimiento y cómo la estructura organizacional facilita la expansión. Pero ¿cómo se ha logrado este crecimiento en tan poco tiempo? En los siguientes apartados presentamos puntos clave en organización y filosofía operacional que han fomentado el rápido desarrollo del SASC.

LA MISIÓN Y VISIÓN DEL *SIMULATION AND ADVANCED SKILLS CENTER*

En este capítulo se busca resaltar el modelo del SASC, los componentes operativos y la filosofía de la *Cleveland Clinic* que han permitido su crecimiento y expansión a nivel mundial.

Si bien el funcionamiento de los centros de simulación se ha descrito en la literatura científica de diversas formas, reflejando la amplia variabilidad de modelos entre instituciones, influenciados por su estructura organizativa, necesidades, recursos y visión, existen marcos conceptuales como el modelo *SimZones*¹ que ofrece un enfoque estructurado para segmentar actividades según propósito y complejidad; sin embargo esto no refleja los detalles de operación de los centros de simulación. Los estándares de acreditación, como los de la *Society for Simulation in Healthcare* (SSH)² y de otros organismos profesionales, establecen parámetros de liderazgo, administración, finanzas y programación que aseguran calidad y sostenibilidad. Éstos ayudan, sin duda, a entender la mejores prácticas y los requisitos mínimos. Más aún, existen varios ejemplos de buenas prácticas publicadas en educación quirúrgica y en distintas especialidades, así como las aportaciones de la red *American College of Surgeons-Accredited Education Institutes* (ACs-AEI), que enfatiza el desarrollo docente, la integración curricular, la asignación de recursos y la alineación con las metas institucionales³. A pesar de este cuerpo de trabajo, aún existe una limitada orientación operacional publicada, lo que lleva a muchos centros a buscar asesoría y aprendizaje compartido con pares. En este contexto, creemos que el modelo de la *Cleveland Clinic* ofrece lecciones valiosas para otros centros que buscan optimizar sus estructuras y prácticas, al estar basado en liderazgo interprofesional, integración en una red global, principios fundacionales sólidos y alineación con prioridades tanto educativas como clínicas.

Como en cualquier organización, la misión –particularmente cuando es definida por el propio equipo– refleja los valores fundamentales y la dirección del centro. La misión de la *Cleveland Clinic*, «*Caring for life, researching for health, and educating those who serve*», deja claro que la educación es un pilar de la institución. El SASC, creado en 2012, desempeña un papel central en el cumplimiento de esta misión al impulsar la educación basada en simulación en todas las disciplinas y profesiones. Con el tiempo, el SASC ha evolucionado, y en los últimos años su misión y visión se han recalibrado para alinearse con la estructura organizativa y la estrategia global de la *Cleveland Clinic*.

La misión del SASC fue creada por nuestro equipo y subraya cómo buscamos alcanzar nuestros objetivos en concordancia con los valores de la *Cleveland Clinic*: innovación, trabajo en equipo, calidad y seguridad:

«Mission: to advance the education, scholarship, and training of all caregivers and to evaluate and improve our systems of care through simulation by fostering innovation, collaboration, and excellence in patient care and safety».

Dos aspectos de esta misión merecen destacarse: primero, su amplio alcance –que combina educación, investigación académica y entrenamiento con la mejora de los sistemas de atención– representa una evolución desde un enfoque exclusivamente educativo hacia una atención centrada en el desempeño de los equipos y el diseño de sistemas, siempre con el objetivo de una atención más segura; y segundo, su carácter inclusivo –formar a todos los *caregivers*– posiciona la simulación como un recurso global disponible para todas las disciplinas y líneas de servicio dentro de la *Cleveland Clinic*.

La visión establece hacia dónde queremos dirigirnos:

«Vision: The SASC strives to be a global leader in delivering transformational simulation-based education, systems testing, and innovation that advances patient safety, caregiver competence, and collaborative learning across all Cleveland Clinic teams and sites».

Esta visión destaca tres elementos clave: primero, la aspiración de ser un líder global, en el cual nos medimos frente a estándares internacionales de excelencia; segundo, el compromiso con ser transformacional, es decir, generar condiciones que impulsen mejoras significativas en el entorno de aprendizaje de individuos, equipos y de la organización en su conjunto; y tercero, el enfoque en aprovechar todas las modalidades de simulación, las pruebas de sistemas y la innovación para mejorar la seguridad del paciente y la competencia de los *caregivers* –logrado mediante la alineación de procesos y el intercambio de mejores prácticas en toda la red global de simulación de la *Cleveland Clinic*–.

Finalmente, es importante destacar la interacción entre estándares e innovación. La estandarización de procesos y prácticas es fundamental para garantizar consistencia y calidad; sin embargo, lejos de limitar la innovación, constituye su base. El orden y la coherencia hacen posible probar nuevas aproximaciones, medir su impacto y reconocer mejoras. Por ello, los centros de simulación deben buscar un equilibrio entre estandarización e innovación, asegurando confiabilidad a la vez que fomentan la creatividad en todos los ámbitos.

PRINCIPIOS OPERATIVOS QUE IMPULSAN EL ÉXITO

Varios principios fundamentales de diseño operativo han contribuido al éxito del SASC. Desde sus inicios, el centro adoptó un modelo sin costo para los departamentos, eliminando barreras financieras para su uso y asegurando que la simulación se perciba como un recurso accesible para toda la organización. El SASC proporciona experiencia en simulación y educación, mientras que los departamentos clínicos contribuyen con su experiencia en contenido, creando una verdadera asociación que integra la simulación en la atención al paciente y la formación.

El crecimiento se ha impulsado mediante una estrategia deliberada de expansión más allá de la instalación central, incluyendo laboratorios satélite en hospitales regionales y áreas clínicas, lo que permite formación «justo a tiempo» cerca del punto de atención. La gobernanza se fortalece a través de un consejo asesor interprofesional y la designación de profesores principales con tiempo protegido, asegurando un compromiso y liderazgo sostenido del profesorado en el avance de la misión.

Tabla 1. Principios operativos del SASC
Abierto para todos: ningún cuidador o departamento queda atrás
Aprender sin costo: sustentado por la institución
Recursos de simulación: los expertos enseñan, nosotros lo hacemos efectivo
Gobernanza y colaboración interprofesional: representación de todos nuestros equipos
Innovar y transformar: hacernos mejores

Además, el SASC se ha expandido a todos los dominios de la práctica de la simulación: desde habilidades quirúrgicas y procedimientos hasta entrenamiento en resucitación, pacientes estandarizados, realidad virtual, diseño centrado en factores humanos y simulaciones *in situ*, posicionándolo como un programa integral y completo.

En conjunto, estas características de diseño han establecido al SASC como un socio confiable en toda la organización de la *Cleveland Clinic* y como un modelo para escalar la simulación a nivel global (Tabla 1).

ESTRUCTURA ORGANIZATIVA

238

Como mencionamos, la estructura organizacional del SASC (Fig. 2) refleja la cultura de colaboración y educación interprofesional de la *Cleveland Clinic*. El SASC cuenta con el sustento conjunto de dos servicios compartidos: la *Educational Foundation*, que impulsa el desarrollo profesional de los *caregivers* no pertenecientes a enfermería, y *Nursing Education*, que ayuda al crecimiento de las enfermeras y del personal de soporte en enfermería. En conjunto, estos servicios constituyen la base que permite al SASC ofrecer educación basada en simulación a todas las profesiones, especialidades y entornos de atención dentro de la *Cleveland Clinic* (Fig. 2).

Desde 2017, el SASC opera bajo un modelo de gestión interprofesional dirigido por un *medical director* (médico) y una *senior director* (enfermera). Este liderazgo compartido asegura una representación equilibrada de las prioridades clínicas y educativas, fomentando el respeto mutuo y la confianza, además de alentar la participación de docentes y líderes interprofesionales. Ambos comparten responsabilidades en la planificación estratégica, el desarrollo docente, la integración de la simulación en los programas curriculares y la mejora continua en seguridad del paciente. También colideran el SASC *Advisory Board*, el *Strategic Planning Committee* y el *Global Advisory Board*, actuando como enlace principal entre el liderazgo ejecutivo y el SASC.

Cada director tiene funciones complementarias. El *medical director* ofrece liderazgo clínico, alineando la educación en simulación con las mejores prácticas de formación en salud y seguridad del paciente, además de guiar al cuerpo docente, la investigación y la labor de difusión. Este cargo cuenta con un 25% de tiempo protegido y supervisa al *associate medical director*, *simulation fellowship director* y *core faculty*. La *senior director* brinda liderazgo estratégico y operativo, gestionando presupuesto, planeación financiera, acreditación de programas e innovación en educación mediante simulación. Con una estructura de reporte dual a la *Educational Foundation* y *Nursing Education*, asegura que las prioridades de ambos servicios se integren bajo una visión común.

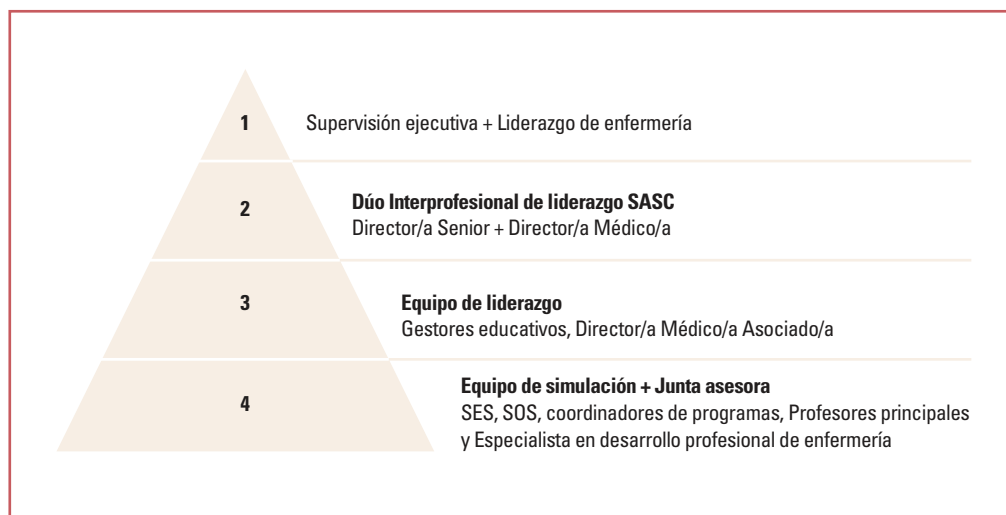


Figura 2. Jerarquía de liderazgo del SASC. SOS: *Simulation Operation Specialist*; SES: *Simulation Education Specialist*.

Ayudando a esta dupla directiva se encuentran dos *education managers* que reportan a la *senior director*. Uno de ellos supervisa las operaciones y logística del SASC, incluyendo programación, gestión de laboratorios y equipos, contratos con proveedores y acuerdos externos. El otro *manager* se centra en los programas, encargándose del desarrollo docente, la integración curricular entre disciplinas y la coordinación de entrenamientos en resucitación, como *Basic Life Support*, *Advanced Life Support* y el programa institucional de *Mock Codes*.

El personal del SASC aporta una amplia diversidad académica, profesional y técnica que respalda tanto el aprendizaje de una sola disciplina como el interprofesional. El equipo de operaciones incluye *simulation operations specialists* (SOS), gestores de programas/proyectos y coordinadores administrativos. Los SOS provienen de campos como ingeniería, sonido, tecnología y arte, lo que les permite manejar sistemas técnicos y, al mismo tiempo, potenciar el realismo mediante *moulage*, sonido y efectos ambientales. Además, desarrollan experiencia en áreas específicas de simulación (p. ej., realidad virtual, *moulage*, sistemas audiovisuales), lo que abre oportunidades de crecimiento profesional e innovación.

El equipo de programas está conformado principalmente por *simulation education specialists* (SES) –educadores en simulación–, la mayoría con formación de maestría y experiencia en enfermería, terapia respiratoria, educación, comunicación y liderazgo. Colaboran con el cuerpo docente en el diseño curricular, integrando principios de diseño instruccional, evaluaciones de necesidades y mejores prácticas, además de ofrecer desarrollo docente. Otra posición son los *simulation facilitation specialists*, que se centran en simulaciones *in situ* para entrenamiento de equipos interprofesionales y mejora de la calidad, basándose en su experiencia clínica como terapeutas respiratorios, paramédicos y otros roles asistenciales. La ayuda se complementa con un *program manager*, un *administrative coordinator* y un *resuscitation coordinator*, quienes supervisan los entrenamientos de soporte vital en toda la organización. El equipo de SES también ha desarrollado áreas de especialización que aportan al perfeccionamiento de las distintas ramas de la simulación (e. g., simulación con realidad virtual).

El SASC Advisory Board está compuesto por un grupo diverso de *caregivers* que orientan la dirección del centro, actúan como embajadores de la simulación y fortalecen la experiencia

en simulación dentro de sus propios dominios clínicos. En el núcleo de este consejo se encuentran dos grupos. El *core faculty*, seleccionados por el *medical director* y a los cuales se les da tiempo protegido para hacer simulación. Este grupo incluye médicos y profesionales de práctica avanzada de distintas especialidades que extienden la simulación a la educación clínica. Sus aportaciones abarcan liderar la simulación en sus áreas de especialidad, dirigir programas del SASC como *Human Factors Simulation*, copresidir el *Research Committee*, gestionar laboratorios satélite y respaldar iniciativas a nivel institucional como el *Mock Code Program* y el curso *Fundamentals of Central Venous Access*. El segundo grupo, los *nursing professional development specialists* (NPDS), están integrados en todas las áreas principales de enfermería. Se especializan en educación en enfermería, mantenimiento de competencias y desarrollo profesional, y son uno de los grupos de usuarios más activos de simulación. Al combinar la experiencia educativa con la práctica clínica, los NPDS aseguran que los *caregivers* alcancen sistemáticamente las competencias básicas antes de llegar a la cabecera del paciente, al mismo tiempo que impulsan la capacitación específica de enfermería en toda la organización. Estos dos grupos se complementan con asesores invitados de otras áreas estratégicas (p. ej., terapia respiratoria, calidad, liderazgo, operaciones) y con los *simulation fellows*. Esta representación diversa asegura una gobernanza compartida y garantiza que el SASC esté al servicio de todos los *caregivers*.

CULTURA DE COLABORACIÓN

240

Uno de los elementos clave para consolidar un centro de simulación multidisciplinario exitoso es crear una cultura de colaboración. La estructura de liderazgo interprofesional del SASC, combinada con un *core faculty* y un equipo con habilidades diversas y provenientes de distintas disciplinas y trayectorias, fomenta precisamente esta cultura colaborativa. Esta experiencia colectiva respalda las necesidades variadas de los aprendices en simulación interprofesional.

El SASC *Advisory Board* refuerza esta cultura de colaboración. Se reúne bimensualmente bajo la codirección del *medical director* y la *senior director*. El consejo reúne al *core faculty*, otros educadores de profesiones de la salud (incluyendo profesionales de práctica avanzada y terapeutas respiratorios), NPDS, así como representantes del equipo y liderazgo del SASC. Su función es proporcionar orientación estratégica para asegurar que los programas de simulación cumplan con los estándares de mejores prácticas, al tiempo que supervisa el desarrollo de políticas, estructuras de gobernanza y asignación de recursos. El consejo promueve eficiencia, consistencia y calidad en todas las disciplinas, mientras fomenta el trabajo en equipo y contribuye a mejorar la atención del paciente. Además, supervisa resultados, analiza datos para evaluar el impacto de la simulación en el aprendizaje y en la atención, sustenta procesos de acreditación y alineación con estándares internacionales, y asegura el uso de enfoques basados en evidencia en toda la organización.

DESARROLLO DOCENTE

Una de las lecciones más importantes en el crecimiento del SASC ha sido reconocer la relevancia central del desarrollo docente. La simulación es un recurso costoso, demandante en tiempo y difícil para la educación en masa –no permite entrenar grandes grupos simultáneamente–, pero cuando se implementa bien, es una de las herramientas educativas más efectivas. Por ello, invertir en la formación de la mayor cantidad posible de *caregivers* para facilitar simulaciones resulta esencial. Las competencias adquiridas son altamente

transferibles y trascienden a la simulación; por ejemplo, la capacidad de conducir un *debriefing* eficaz después de un paro cardíaco real en la UCI. Igualmente importante ha sido mantener flexibilidad en el proceso de crecimiento. Imponer límites estrictos sobre quién puede o no entrenar puede frenar la expansión, mientras que un modelo que enfatiza buenas prácticas –como garantizar siempre la presencia de un facilitador capacitado– abre oportunidades para una participación más amplia. Ofrecer trayectorias de desarrollo específicas, como facilitación de habilidades procedimentales o entrenamiento de equipos, permite que los *caregivers* con agendas complejas se involucren de manera significativa y continúen creciendo.

Uno de nuestros programas fundamentales es el *Simulation Educator Workshop* (SEW), un curso presencial de dos días que constituye la piedra angular del desarrollo docente en simulación. Todas las ofertas de desarrollo profesional para educadores de simulación se llevan a cabo de forma interprofesional. Este taller pone especial énfasis en las habilidades de *debriefing* y ofrece múltiples oportunidades para practicarlas en entornos interprofesionales. La conformación de grupos de alumnos de diversas profesiones enriquece las perspectivas, estimula el pensamiento crítico y favorece la resolución colaborativa de problemas. Este enfoque, además, promueve el respeto mutuo y el intercambio de mejores prácticas, permitiendo que los participantes conozcan métodos de enseñanza de otras disciplinas. El equipo de SES lidera estas actividades de desarrollo docente.

Otro factor crítico para expandir la simulación es ofrecer una amplia variedad de programas que la hagan visible y accesible a todos los *caregivers*. Con frecuencia, los servicios de simulación son percibidos como distantes, especializados o restringidos a ciertos grupos. En el SASC derribamos esas barreras a través del compromiso del *advisory board* y mediante oportunidades diversas de desarrollo profesional. Entre éstas se incluyen *simulation grand rounds* y *journal clubs*, dirigidos por expertos internos y externos de múltiples profesiones, así como un *simulation showcase* anual, una sesión de pósteres virtuales, a nivel institucional, que muestra cómo distintas áreas utilizan la simulación para mejorar la atención. La visibilidad en el portal educativo de la *Cleveland Clinic* y en plataformas de comunicación centralizadas aumenta aún más el alcance y acceso. De igual importancia es el involucramiento de los líderes educativos en toda la organización, quienes son nuestros principales defensores y usuarios más efectivos. Su conocimiento y compromiso con la simulación son esenciales para integrar estos programas en el tejido de la educación clínica y en las operaciones asistenciales.

CONSORCIO GLOBAL DE SIMULACIÓN DE LA CLEVELAND CLINIC

La *Cleveland Clinic* tiene presencia internacional, con hospitales y servicios de salud en Ohio, Florida y Nevada, así como sedes en Canadá, el Reino Unido y los Emiratos Árabes Unidos. Su modelo operativo se centra en la gestión global, con el objetivo de ofrecer una atención uniforme en todos los lugares, crear un entorno laboral consistente y establecer una estructura reproducible para el crecimiento. Los institutos clínicos y los servicios compartidos –entre los que se incluye el SASC– tienen ahora responsabilidades mundiales, y sus líderes están llamados a cumplir con estas metas globales.

En 2023, el *medical director* y la *senior director* del SASC visitaron o entrevistaron todas las sedes de la *Cleveland Clinic* con el fin de evaluar el estado actual y las necesidades en materia de educación mediante simulación. El resultado de este recorrido fue un informe ejecutivo detallado para cada programa de simulación. La evaluación incluyó un análisis de madurez de procesos diseñado conforme a los requerimientos de la SSH y la

Cleveland Clinic Foundation. El informe describió el uso actual de la simulación, perfiles de aprendices, financiamiento y presupuesto, liderazgo, supervisión del programa, personal, recursos, espacios, gestión de datos, desarrollo de facilitadores y modalidades de simulación utilizadas. Cada resumen exploró necesidades, oportunidades y barreras, e incluyó recomendaciones prioritarias y propuestas de colaboración y mejora. Como resultado de este trabajo, el liderazgo institucional aprobó la creación de un *Global Simulation Advisory Board* con el propósito de unificar la práctica de simulación en todo el sistema.

El *Global Simulation Advisory Board* de la *Cleveland Clinic*, establecido en 2024, reúne representantes de cada *advisory board* de programas de simulación de la organización. Su misión es fortalecer e integrar las prácticas de simulación mediante el desarrollo de políticas, la alineación con estándares de acreditación y el fomento de la colaboración interprofesional. El consejo se enfoca en definir métricas para medir el impacto de la simulación, respaldar la educación de los *caregivers*, promover el trabajo en equipo, asegurar recursos y mantener acreditaciones que mejoren los resultados de aprendizaje, de los pacientes y de la organización. Una de sus prioridades centrales es alinear las prácticas de simulación a nivel global, con un plan quinquenal para alcanzar la acreditación como consorcio por parte de la SSH en todas las áreas de simulación.

Para lograrlo, el consejo ha identificado tres objetivos estratégicos:

- Garantizar el acceso de todos los *caregivers* a una educación de alta calidad basada en simulación, habilitando su uso en todas las sedes de la *Cleveland Clinic* en el mundo.
- Ampliar recursos y acceso a diversas modalidades de simulación para fortalecer la educación y la seguridad del paciente, incluyendo el intercambio de recursos, la integración de modalidades avanzadas y entrenamientos *in situ*, una gestión robusta de datos y analítica, y la alineación de políticas de simulación en toda la institución.
- Respalda el desarrollo continuo de docentes y personal de simulación, cultivando experiencia multidisciplinaria y fomentando el crecimiento profesional permanente.

ESTANDARIZACIÓN INSTITUCIONAL

Antes de la creación del *Global Simulation Advisory Board*, los programas de simulación de cada hospital de la *Cleveland Clinic* operaban de manera independiente, cada uno con su propio liderazgo, personal, procesos, financiamiento y recursos. Para lograr alineación y fomentar el intercambio de buenas prácticas, se establecieron una serie de *workgroups* bajo la dirección del consejo. Cada grupo es liderado o coliderado por un miembro del consejo e incluye representantes de todos los programas de simulación, lo que asegura una amplia participación y sentido de pertenencia. A continuación se destacan sus funciones, junto con aprendizajes y desafíos identificados:

- *Data management workgroup*: se centra en definir y estandarizar métricas clave para demostrar impacto, valor y cumplimiento de requisitos de acreditación. Sus esfuerzos han incluido la armonización de nomenclatura y métodos entre programas, así como la creación de una base de datos centralizada con visualización en tiempo real a nivel local y de consorcio. Entre los desafíos se encuentran la supervisión de datos, las políticas internacionales de intercambio y la adaptación de procesos de reporte en cada centro. Más importante aún, la recopilación de datos ha visibilizado ante los líderes la magnitud del trabajo realizado y la necesidad de recursos para sostener la práctica de simulación a nivel local y global.
- *Policy and procedure workgroup*: revisa políticas existentes y las alinea con estándares reconocidos de buenas prácticas. Este trabajo ha llevado al desarrollo de políticas y

- procedimientos globales de simulación, que se revisan, aprueban y actualizan periódicamente, garantizando consistencia y calidad en toda la organización. Aunque las diferencias locales en operaciones, recursos y necesidades representaron un reto inicial, la colaboración entre centros enriqueció las prácticas y permitió avanzar de manera colectiva en áreas que habrían sido difíciles de desarrollar de forma aislada.
- *Faculty development workgroup*: aborda las necesidades de capacitación de los educadores en simulación, definiendo requisitos mínimos y creando rutas diferenciadas de aprendizaje para facilitadores de habilidades y escenarios. Se desarrollaron módulos en línea de educación en los fundamentos de la simulación, luego complementados con contenidos avanzados en áreas como humildad cultural, ética en simulación y metodología de pacientes estandarizados. También se formalizaron planes de orientación para cada rol en simulación. El carácter colaborativo de este grupo aseguró la inclusión de todos los centros, aceleró el acceso a recursos y visibilizó necesidades que individualmente habrían sido difíciles de atender.
 - *In situ workgroup*: estandariza prácticas de simulación en entornos clínicos, con énfasis en la integración con el flujo de trabajo y en la seguridad de *caregivers* y pacientes. Su labor incluye procesos de gestión de equipos e insumos, el desarrollo de criterios para guiar la toma de decisiones, y sistemas para reportar y mitigar amenazas de seguridad latentes. Este campo se ha convertido en un área de crecimiento importante, cada vez más vinculada a la infraestructura de seguridad y calidad de la institución. Su doble beneficio –entrenar a los *caregivers* mientras se identifican vulnerabilidades del sistema– ha demostrado el valor estratégico de la simulación.
 - *Operations workgroup*: es el grupo más reciente. Se encarga de estandarizar procesos para el mantenimiento y seguimiento de equipos y maniquíes de simulación, coordinar su disponibilidad y promover el intercambio de recursos entre sedes. Al combinar recursos y compartir experiencia, este grupo ha permitido un uso más eficiente de equipos de alto costo, asegurando que las inversiones se aprovechen al máximo y se ajusten a las necesidades colectivas de toda la organización.

EJEMPLO OPERACIONAL: DE LO LOCAL A LO GLOBAL

Para entender cómo el SASC pasó de ser un recurso local a convertirse en un equipo global al servicio de toda la organización, vale la pena revisar un caso concreto.

El crecimiento de la educación en simulación en la *Cleveland Clinic* ha estado impulsado por un espíritu de innovación y un firme compromiso con la accesibilidad. Lo que comenzó en el SASC-Ohio como una solución local –el curso SEW presencial de dos días diseñado para dotar a los nuevos educadores de habilidades fundamentales y práctica en *debriefing*– rápidamente mostró tanto su potencial como sus limitaciones. No todos los educadores podían apartarse dos días completos de sus responsabilidades clínicas. En lugar de permitir que esto se convirtiera en una barrera, el equipo rediseñó el curso y creó el *remote simulation educator workshop* (rSEW). Dictado de manera sincrónica a lo largo de varias sesiones vespertinas, el rSEW amplió el alcance sin perder el carácter interactivo e interprofesional que define a la educación en simulación.

El lanzamiento del *Global Simulation Advisory Board* ofreció la plataforma para escalar aún más esta innovación. El rSEW se abrió a docentes y educadores en simulación de todos los programas de la *Cleveland Clinic*, garantizando un acceso equitativo a la formación sin importar la ubicación geográfica. Sobre esta base, el equipo desarrolló el *SEW Train-the-Trainer Program*, un paso decisivo hacia la sostenibilidad del desarrollo docente.

Este programa expandió el SEW original de dos días en un curso inmersivo de tres días, acompañado de una *SEW Faculty Guide* detallada, diseñada para preparar a educadores expertos y personal de simulación a impartir el taller por sí mismos. Los SES del SASC-Ohio viajaron a las *Cleveland Clinic* de Florida, Londres y Abu Dabi para impartir estos cursos y entrenar a nuevos docentes de SEW, quienes a su vez comenzaron a organizar talleres locales.

Hoy en día, el rSEW sigue funcionando como una opción global y flexible, mientras que el SEW presencial ha sido estandarizado e integrado en todos los programas de simulación de la *Cleveland Clinic*. Lo que comenzó como una necesidad de capacitación local se ha convertido en un marco global de desarrollo docente; un ejemplo de cómo la innovación, la colaboración y la expansión estratégica pueden transformar un taller en un modelo sostenible que fortalece la capacidad de simulación en todo el mundo.

CONCLUSIONES

El SASC de la *Cleveland Clinic* demuestra cómo una visión clara, un diseño operativo sólido y una cultura de colaboración pueden transformar un programa local de simulación en un modelo global de excelencia. Lo que en 2012 comenzó como un recurso de un solo centro ha evolucionado hasta convertirse en un consorcio internacional que atiende a decenas de miles de aprendices cada año e integra la simulación en todos los rincones de la organización. Sus principios rectores –acceso abierto sin barreras financieras, alianza entre la simulación y la experiencia clínica, gestión interprofesional y expansión deliberada hacia todas las modalidades y sedes– han creado una estructura innovadora y sostenible.

244

El modelo de la *Cleveland Clinic* muestra que la simulación puede ser mucho más que una herramienta educativa; puede convertirse en un motor de seguridad del paciente, un catalizador para la mejora de sistemas y una fuerza integradora en una organización de salud global. Al equilibrar estandarización e innovación, y al dar igual prioridad al desarrollo docente y a la infraestructura, el SASC ha creado un marco que permite un crecimiento continuo y, al mismo tiempo, mantiene la agilidad para responder a las necesidades cambiantes de la atención sanitaria.

La visión de ser un líder global en educación transformadora mediante simulación no es sólo una aspiración, se está materializando activamente a través de la colaboración en toda la organización, la gestión compartida y un enfoque constante en la educación, la seguridad y la innovación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Roussin CJ, Weinstock P. SimZones: An Organizational Innovation for Simulation Programs and Centers. *Acad Med.* 2017;92(8):1114-20.
2. Full Accreditation | SSH [Internet]. Disponible en: <https://www.ssih.org/full-accreditation>
3. Cooke JM, Rooney DM, Fernandez GL, Farley DR. Simulation center best practices: A review of ACS-accredited educational institutes' best practices, 2011 to present. *Surgery.* 2018;163(4):916-20.