

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Enseñanza de la ciencia forense durante la pandemia de covid-19

Luis Jiro Suzuri Hernández¹✉, Ana María Sosa Reyes¹¹Unidad de Docencia, Licenciatura en Ciencia Forense, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México.

✉ jiro.suzuri@cienciaforense.facmed.unam.mx

Datos del artículo

Cita: Suzuri Hernández Luis Jiro, Sosa Reyes Ana María. 2022. Enseñanza de la ciencia forense durante la pandemia de covid-19. Revista Digital de Ciencia Forense. 1(2): 27-65 pp.

Editor: Jorge Luis López Zepeda.

Recibido: 26 enero 2022.

Aceptado: 18 agosto 2022.

Publicado: 28 octubre 2022.

Financiamiento: Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) de la UNAM, a través del proyecto PAPIME PE301421.

Resumen

La pandemia de covid-19 ha representado, sin excepción, un reto enorme para los sistemas educativos de todo el mundo. El desarrollo de habilidades a través del trabajo en el laboratorio, parte integral de la enseñanza de las ciencias, en especial en el nivel superior, se ha visto gravemente afectado por el prolongado cierre de los campus. Para un área del conocimiento interdisciplinaria como la ciencia forense, continuar en modalidad híbrida o a distancia con la formación de científicos y científicas forenses, así como de especialistas en alguna de las muchas disciplinas forenses, ha implicado poner en práctica todo un abanico de soluciones pedagógicas y tecnológicas, desde lugares de investigación creados con realidad virtual inmersiva hasta la creación de kits que permitan llevar a cabo en casa actividades otrora confinadas al laboratorio, pasando por laboratorios virtuales. Aunque la población estudiantil ha respondido en su mayoría de manera entusiasta, declarándose satisfecha con la calidad de la enseñanza recibida, se desconocen cuáles serán las consecuencias de la crisis sanitaria y educativa en la adquisición de habilidades científicas clave. Además de indagar en esta problemática, resulta necesario explorar medidas orientadas a corregir las posibles deficiencias, así como consolidar las innovaciones, digitales o no, obligadas por la pandemia. La presente revisión de la literatura se centra en describir las estrategias y métodos que han permitido a la enseñanza de las ciencias forenses adaptarse a condiciones sin precedentes, con el ánimo de invitar a la reflexión sobre el quehacer docente y fomentar el intercambio colegiado de ideas.

Palabras clave: ciencia forense, covid-19, enseñanza práctica, enseñanza a distancia, habilidades de laboratorio.

Abstract

Covid-19 has severely challenged education systems all over the world. An important part of a well-rounded scientific training, particularly in higher education, the development of laboratory skills has been critically disrupted by the prolonged closure of campus facilities. In order to shift from face-to-face to hybrid or distance learning and keep on training forensic scientists, as well as forensic specialists, an interdisciplinary field of study such as forensic science has had to enact a diverse range of pedagogical and technological solutions, from virtual reality crime scenes and virtual labs to customized kits that enable students to carry out at home activities previously restricted to laboratory instruction. Although students' responses to the quality of online teaching have been mostly positive, declaring themselves highly satisfied with it, the extent of its effect on key laboratory skills remains to be seen. Together with studying this issue, educational researchers would do well to explore targeted approaches to strengthen any undeveloped skill and firm up worthwhile innovations—digital or otherwise—adopted in response to the current health crisis. This review of the published literature on forensic science education during the pandemic gives an account of strategies and methods that have enabled it to adapt to unprecedented circumstances, with the aim of fostering both a reappraisal of teaching practices and the cross-pollination of ideas.

Keywords: forensic science, covid-19, practical teaching, distance learning, laboratory skills.

Introducción

A más de dos años del inicio de la pandemia de covid-19, podemos asegurar sin temor a exagerar que la educación superior en todo el mundo ha sufrido una sacudida sin precedentes en su historia, desde que surgieran las primeras universidades en la Europa del siglo XII hasta la masificación del acceso a la universidad de mediados del XX (para una revisión histórica, véase 1,2). Un sondeo realizado en abril de 2020 por la Asociación Internacional de Universidades (IAU, por sus siglas en inglés) reveló que, de 424 universidades que respondieron a su encuesta, distribuidas en 109 países, el 99 por ciento experimentó algún tipo de alteración en sus programas, de mayor o menor severidad: del cierre total de instalaciones y la suspensión de actividades en los campus a la implementación de medidas sanitarias para continuar con relativa normalidad la enseñanza en las aulas. En dos tercios de las instituciones que respondieron, las clases presenciales se sustituyeron por enseñanza a distancia, principalmente en línea. Esta transición súbita e inesperada de una modalidad de instrucción a otra supuso tres tipos de retos, a saber, (a) técnico, dadas las dificultades para brindarle acceso a toda la población estudiantil y a la planta docente a la infraestructura necesaria (conexión a internet y equipo de cómputo, cuando menos) para participar en la enseñanza en línea; (b) pedagógico, debido a la capacitación docente y al trabajo de preparación necesarios para transitar de un modelo de enseñanza presencial a uno a distancia, y (c) disciplinar, porque diferentes asignaturas requieren de espacios y equipos difíciles o imposibles de reemplazar, como son laboratorios y talleres (3). Un estudio posterior de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), realizado entre 2020 y 2021, descubrió que, de 53 países miembros, en 47 los modelos a distancia e híbridos se volvieron los más comunes, no obstante percibirse, en 52 países, la acuciante necesidad de apoyos técnicos y pedagógicos para ajustarse a la nueva realidad educativa (4). Lo que hace excepcional a este trance es, pues, la magnitud del trastorno causado por la emergencia sanitaria (aproximadamente 220 millones de estudiantes de nivel superior afectados por el cierre de universidades, 5) y la amplia, aunque inequitativa, disponibilidad de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) que, como nunca antes, han permitido que la formación profesional continúe fuera de las aulas.

Irónicamente, el cierre parcial o total de las universidades, con la obstaculización de las labores de investigación que supone (4), no se ha reflejado en la cantidad de publicaciones científicas sobre el covid-19: por el contrario, se ha registrado un aumento considerable en el número de artículos, tanto revisados por pares como preprints, desde los primeros meses del 2020 (6,7). Aunque no se han encontrado estudios que señalen un aumento comparable en la publicación de investigaciones educativas, la comunidad académica dedicada a la educación ciertamente ha aprovechado la pandemia para reflexionar tanto sobre problemáticas inmediatas, tales como sus efectos negativos en la enseñanza

y el aprendizaje (8), como a largo plazo, por ejemplo, sobre la sustentabilidad de los sistemas educativos (9). Aunque todavía es un área marginal dentro de la investigación educativa en el área de las ciencias, la didáctica de la ciencia forense ha ido cobrando auge en años recientes (véanse, por ejemplo 10,11,12), sobre todo con la creación de *The Journal of Forensic Science Education* en 2019, razón por la cual resulta de interés averiguar cómo esta área ha enfrentado los retos técnicos, pedagógicos y disciplinares identificados por la IAU. El quehacer forense, por su naturaleza interdisciplinaria, eminentemente práctica y aplicada a la resolución de problemas jurídicos constituye un caso de estudio interesante para docentes e investigadores educativos, en particular bajo las condiciones de contingencia sanitaria, porque puede arrojar luz sobre cuestiones como la creación o adopción de estrategias o métodos para la instrucción a distancia de muy diversas disciplinas (ciencias naturales y sociales, humanidades) y, en especial, alternativas al desarrollo de destrezas tradicionalmente abordadas en laboratorios. Asimismo, podría ayudar a vislumbrar nuevas oportunidades para acercar al estudiantado al trabajo cotidiano de peritos y peritas en los servicios forenses, y de los y las operadoras jurídicas en tribunales, en un momento en el que las visitas, rotaciones y estancias de trabajo no son viables.

Inevitablemente, por la pandemia, actividades centrales en la formación de los y las futuras profesionales forenses han tenido que suspenderse, reprogramarse o, tema de esta revisión, trasladarse al mundo digital: clases en las aulas, prácticas en laboratorios, demostraciones en vivo, charlas con expertos, visitas a servicios forenses, rotaciones y pasantías, congresos y simposios, proyectos de investigación y más han tenido que reinventarse con ayuda de las actuales TIC (13,14,15,16). A nivel personal e institucional, la innovación didáctica se convirtió en una necesidad impostergable (17). En su revisión de la situación en el Reino Unido e India, Thompson et al. (16) expresaron nítidamente el dilema al que se enfrenta la enseñanza de la ciencia forense: el desarrollo de habilidades requiere que los y las estudiantes apliquen las mejores prácticas, soliciten que se evalúe su desempeño y entiendan el contexto en el que se usan las técnicas al usarlas. Las sesiones prácticas desarrollan habilidades psicomotoras necesarias en muchos aspectos del análisis forense: habilidades básicas de laboratorio como pesar, pipetear, preparar especímenes para microscopía, tomar hisopados para ADN y recuperar impresiones dactilares son necesarias para resolver muchos problemas de la ciencia forense. Y, con frecuencia, los equipos e instrumentos deben quedarse en el laboratorio por cuestiones sanitarias y de seguridad, porque es imposible desplazarlos, por su costo o por restricciones en las licencias de uso, lo que implica que el laboratorio no puede llevarse a la casa del estudiante.

Aunque son innegables los beneficios potenciales de una educación práctica orientada a objetivos de aprendizaje que no pueden conseguirse fuera del laboratorio, enriquecida por la interacción entre pares, con acceso a equipo y materiales especializados y receptiva a la retroalimentación oportuna de un o una experta, el desarrollo de destrezas manuales habría de acompañarse del

desarrollo de habilidades cognitivas (por ejemplo, creatividad metodológica, pensamiento crítico y resolución de problemas) congruentes con el papel que se anticipa que podría desempeñar un o una profesional forense (18), con el replanteamiento de la ciencia forense que propone la Declaración de Sidney (19) y con perfiles profesionales como el concebido para el licenciado en ciencia forense por la Universidad Nacional Autónoma de México (20). Como se verá en lo que resta de este texto, existe una enorme diversidad de métodos y herramientas que apuntan en esta dirección.

Esta investigación documental se centra, pues, en averiguar cómo enfrentó la enseñanza de la ciencia forense, o de las disciplinas forenses que la integran¹, los retos técnicos, pedagógicos y disciplinares derivados de la pandemia de covid-19. No obstante, conviene aclarar que, si bien es útil para enmarcar la problemática que nos ocupa, esta distinción tripartita no es tan nítida. Es evidente que cada disciplina forense enfrenta retos técnicos y pedagógicos particulares: no se necesita el mismo equipo, materiales o instalaciones para enseñar antropología forense que delitos cibernéticos, ni la química y el derecho comparten una misma didáctica. Pero también es cierto que una cuestión disciplinar (por ejemplo, enseñar a controlar variables en un experimento o a argumentar en un juicio oral) conlleva ciertas decisiones pedagógicas (adoptar una enseñanza enfocada en la práctica o en la teoría, o en ambas) de las que se desprenden aún otras (distribuir el trabajo en equipos pequeños, asignarlo a todo el grupo o individualmente) y que, a su vez, tienen consecuencias técnicas (en lo que se refiere a la disponibilidad de equipos, materiales y reactivos, por un lado, y espacios para escenificar una sala de juicio, por el otro).

Esperamos que esta revisión de una serie de casos, publicados tanto en revistas revisadas por pares como en medios de más amplia difusión, ofrezca información útil para guiar el diseño de cursos durante y después de superada la pandemia de covid-19; que sirva de oportunidad para comparar y contrastar la práctica propia con la de colegas de otros países y disciplinas, y, quizás más importante aún, invite a compartir innovaciones y hallazgos con la comunidad. La polinización cruzada de ideas y la colaboración interdisciplinaria pueden contribuir en mucho a la mejora continua de la enseñanza forense aún, o especialmente, en circunstancias adversas.

Material y Método

Para encontrar publicaciones que dieran cuenta de cómo se ha adaptado la enseñanza de la ciencia forense a las condiciones actuales, se realizó una investigación documental utilizando el motor de búsqueda especializado de Google Académico y la base de datos dedicada a la investigación educativa ERIC (*Education Resources Information Center*), utilizando la locución “*forensic science*” más las palabras “*education*”, “*training*” o “*teaching*”, y añadiendo al final “*Covid*” o “*pandemic*”. La búsqueda se realizó entre el 7 y el 14 de julio de

2021, aunque durante la escritura de este texto todavía se agregaron algunas referencias aparecidas después de dicho periodo. Asimismo, se realizaron revisiones directas en los índices de marzo a septiembre de 2021 de las revistas académicas con mayor impacto en el área forense, es decir, las ubicadas en los dos cuartiles superiores según el portal de acceso público *SCImago Journal & Country Rank* (<https://www.scimagojr.com>): *Forensic Science International* (Q1), *Science & Justice* (Q1), *Forensic Science Review* (Q1), *Forensic Sciences Research* (Q1), *Forensic Science International: Synergy* (Q1), *Journal of Forensic Sciences* (Q2), *Forensic Science, Medicine, and Pathology* (Q2) y *Egyptian Journal of Forensic Sciences* (Q2), además del recién creado *The Journal of Forensic Science Education*. Para ampliar el alcance de la búsqueda, se revisaron las listas de referencias bibliográficas de cada texto encontrado para identificar más publicaciones pertinentes al tema de esta revisión.

A partir de los resultados arrojados por estas búsquedas, se seleccionaron aquellos reportes de investigación, comunicaciones cortas, revisiones de la literatura, cartas al editor, comentarios editoriales y propuestas didácticas que trataran alguna problemática o innovación relativa a la enseñanza de la ciencia forense, o de alguna disciplina forense en particular, tras declarada la pandemia por la Organización Mundial de la Salud (OMS). No se privilegiaron trabajos que evaluaran los efectos en el aprendizaje de las intervenciones educativas, dado que uno de los propósitos de esta primera inmersión en la literatura es ofrecer un panorama lo más amplio posible de estrategias o métodos para mejorar la docencia forense, tanto durante la contingencia sanitaria como después de superada. Para ampliar el horizonte de búsqueda, y pensando que existirían propuestas didácticas aún no publicadas en la literatura académica, se realizó una exploración a través del motor de búsqueda de Google (empleando los términos ya mencionados) en pos de artículos periodísticos y de divulgación, comunicados de prensa o entradas de blog en las que se describieran innovaciones implementadas en respuesta al cierre de las universidades y otras instituciones educativas. En la tabla 1 se muestra un resumen de los tipos de fuentes producto de esta búsqueda. Todas pertenecen al nivel superior, con excepción de un par pertenecientes al bachillerato que se incluyeron por su aplicabilidad a la educación universitaria.

Tabla 1. Referencias sobre intervenciones educativas en el ámbito forense emprendidas en respuesta a la pandemia de covid-19, clasificadas de acuerdo con el tipo de fuente bibliográfica considerada como criterio de inclusión (n = 36 referencias en total).

Fuentes académicas						Fuentes periodísticas	
Comunicación corta	Reporte de investigación	Revisión de literatura	Carta al editor	Comentario al editor	Propuesta didáctica	Nota periodística	Comunicado de prensa
1	13	2	1	4	7	2	6

Todas las referencias seleccionadas se leyeron en su totalidad, tomando nota de los retos técnicos, pedagógicos y disciplinares. Además del tipo de fuente bibliográfica, los textos encontrados se clasificaron de acuerdo con el país donde se llevó a cabo la intervención educativa, las disciplinas forenses involucradas en la intervención, la estrategia o método didáctico y la herramienta tecnológica empleada. En la tabla 2 se identifican los países donde se llevaron a cabo las diferentes intervenciones.

Tabla 2. Países donde se llevaron a cabo las intervenciones educativas en respuesta a la pandemia reportadas en la literatura^a.

EEUU	Reino Unido	India	Australia	Italia	Singapur	Hungría	Noruega	Malasia	N/A ^b
16	5	3	2	2	1	1	1	1	5

^a La suma de las referencias es de 37 porque en una se compara la situación en dos países, Reino Unido e India.

^b N/A se asignó a referencias que no hacen mención específica a un país y/o tienen una perspectiva internacional.

Por último, en la tabla 3, se enlistan las disciplinas forenses de cuya enseñanza tratan las propuestas, así como la cantidad de menciones para cada una. Tanto en esta como en la tabla 4 se ha procurado respetar lo más posible, a pesar de la traducción, los nombres de las disciplinas usados por los propios autores o autoras de los trabajos o propuestas referidas. En muchas de las ocasiones en que emplean el término “ciencia forense” se refieren a lo que en nuestro país se conoce tradicionalmente como criminalística o a disciplinas periciales que competen al ámbito de esta. La agrupación de las disciplinas es meramente convencional: muchas de las ubicadas bajo el rubro de “disciplinas criminalísticas”, por ejemplo, derivan parte de sus fundamentos teórico-prácticos de disciplinas médicas, antropológicas o químico-biológicas.

Resultados y discusión

Para organizar la presentación de los resultados, se abordarán por separado los retos técnicos, pedagógicos y disciplinares que ha enfrentado la enseñanza de las ciencias forenses a raíz de la pandemia de covid-19. Para los primeros dos, se buscaron identificar aquellos retos que enfrentan en general las disciplinas forenses, para entonces enfocar el tratamiento de los retos disciplinares en áreas particulares. Como ya se mencionó, estos tres tipos de retos están entrelazados, se influyen mutuamente y no es posible separarlos por completo. Por esta razón, existe un cierto grado de repetición en la información expuesta sobre cada reto que, no obstante, se procuró mantener al mínimo. Después del tratamiento de cada uno de los retos, se dedica un último apartado, titulado “Lecciones aprendidas”, a presentar los resultados de las evaluaciones practicadas a las

Tabla 3. Ciencias forenses en las que se enfocan las referencias encontradas, así como su número de menciones y frecuencia (entre paréntesis).

	Número de menciones*	Total del grupo	
Disciplinas criminalísticas	Procesamiento de la escena (CSI)	7 (12.5 %)	
	Dactiloscopia	2 (3.6 %)	
	Análisis de marcas de calzado	2	
	Balística	2	
	Fuego y explosivos	1 (1.8 %)	
	Análisis de cabello	1	
	Análisis de huellas de neumáticos	1	21 (37.5%)
	Análisis de patrones de manchas de sangre	1	
	Impresiones	1	
	Análisis de fibras	1	
	Análisis de vidrio	1	
Análisis de pinturas	1		
Disciplinas médicas/antropológicas	Ciencia biomédica	1 (1.8 %)	
	Psiquiatría forense	1	
	Investigación de muertes	1	
	Medicina forense	1	
	Patología forense	1	
	Antropología forense	1	10 (17.9%)
	Tafonomía forense	1	
	Lesiones mecánicas	1	
	Antropometría	1	
Odontología forense	1		
Disciplinas químico-biológicas	Serología	3 (5.4%)	
	Química analítica y análisis instrumental	2 (3.6 %)	
	Biología forense	2	
	Análisis farmacéutico	1 (1.8 %)	
	Microbiología	1	
	Biología del cáncer	1	
	Farmacología y biotecnología	1	16 (28.6%)
	Microscopía para biología forense	1	
	Biología molecular para biología forense	1	
	Bioquímica molecular forense	1	
	Análisis de fluidos corporales	1	
Genética forense	1		
Ciencia forense	Ciencia forense	1 (1.8 %)	
	Teoría y política de la ciencia forense	1	
	Laboratorios forenses	1	4 (7.2%)
	Derecho en la ciencia forense	1	

Otras	Delitos cibernéticos	3 (5.4%)
	Criminología	1 (1.8 %)
	Física/interpretación de patrones	1 (1.8 %)
Total		56 (100 %)

^a El total de referencias en esta tabla y el de la Tabla 1 no se corresponden porque existen referencias que tratan de más de una disciplina forense.

estrategias o métodos puestos en práctica. En la Tabla 4 se resume el contenido de las publicaciones; para cada referencia se señala la disciplina en la que se enmarca la intervención y la estrategia o método didáctico implementado, así como las herramientas tecnológicas a las que se recurrió. (Las menciones de nombres de productos o servicios no han de interpretarse como una recomendación: se incluyen solo con fines informativos).

Retos técnicos

Tanto para docentes como para estudiantes, uno de los principales retos técnicos de la transición abrupta y forzada a la enseñanza en línea radicó en sus respectivos niveles de alfabetización tecnológica, así como en el acceso y la calidad de la conexión a internet (21). Si bien el uso de las TIC está ampliamente diseminado entre la población, existen reportes en la literatura de estudiantes que desconocían muchas de las herramientas de e-learning adoptadas en respuesta a la pandemia, acostumbrados como estaban a métodos tradicionales de enseñanza presencial como las exposiciones del profesorado y el trabajo práctico en laboratorios (22), o de estudiantes inseguros que requerían confirmar constantemente si estaban haciendo buen uso de las herramientas tecnológicas (23). A lo anterior se suma el contar con equipo de cómputo de uso personal con acceso a internet, un reto de mayor envergadura para quienes viven en naciones con bajos niveles de desarrollo socioeconómico. Existen reportes sobre las condiciones prevalentes entre el estudiantado que favorecen o entorpecen su tránsito a la enseñanza en línea en el ámbito forense (por ejemplo, 24). Un pequeño estudio diagnóstico en una universidad italiana arrojó que de 17 estudiantes que contestaron una encuesta, 13 contaban con equipo de cómputo (PC o tableta) para su uso exclusivo, mientras que cuatro tenían que compartirlo con otras personas; solo 12 estudiantes contaban con conexión a internet fija o móvil con gigabytes ilimitados (22). A manera de comparación, en México una proporción importante de estudiantes de la Licenciatura en Ciencia Forense (LCF) de la Facultad de Medicina de la UNAM reportaron carencia de internet de banda ancha o interrupciones en el servicio, así como equipos de cómputo con desperfectos y la necesidad de compartirlo con parientes cercanos (25), obstáculos que no fueron mencionados ni por estudiantes de Corea del Sur ni de EEUU (26,27,28).

De manera generalizada, la planta docente respondió al reto de administrar sus cursos en modalidad a distancia y en línea adoptando algún

Tabla 4. Referencias sobre intervenciones educativas en el ámbito forense emprendidas en respuesta a la pandemia de covid-19.

Disciplina forense	Estrategia/método didáctico	Herramienta tecnológica ^a	Referencia
Ciencia forense (criminalística) + Procesamiento del lugar de investigación + Serología + Dactiloscopia + Fuego y explosivos + Análisis de cabello + Análisis de marcas de calzado + Balística	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistema de gestión del aprendizaje ▪ Lecturas (incluidas instrucciones de actividades) ▪ Quizzes pre-laboratorio ▪ Laboratorio en línea interactivo ▪ Hojas de trabajo en el laboratorio ▪ Formularios para el reporte de laboratorio ▪ Kits comerciales para casa (customizados) ▪ Exámenes finales en línea (supervisados) ▪ Foros de discusión ▪ Rúbricas para discusión ▪ Demostraciones interactivas (para fuego y explosivos) ▪ Imágenes 3D (para marcas de calzado y balística) ▪ Tours virtuales 	Documentos de Google Google Tour Creator Canvas	Londino-Smolar y Hansen (2021)
Análisis forense digital (criminalística)	Laboratorio en línea interactivo	Twitch Cámara GoPro	Chmiel (2020)
Análisis forense digital (criminalística)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Laboratorio en línea (realidad virtual inmersiva) ▪ Grabaciones de clases 	ENGAGE PowerPoint YouTube	Hassenfeldt, Jacques y Baggili (2020)
Análisis forense digital	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kits para casa (para construcción de drones) ▪ Tutoriales en video 	Dron con software de control Dispositivo remoto Webcam Laptop (con conexión a internet)	Miller (2020)
Ciencia forense (criminalística)	Laboratorio presencial (con medidas de sana distancia)	Instalaciones <i>state-of-the-art</i>	Curry College (2020)
Criminología	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Entrevistas grabadas con expertos ▪ Incorporar temas de delincuencia y covid-19 	No mencionada	Universidad de Newcastle (2020)
Ciencia forense (teoría y política)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistema de gestión del aprendizaje ▪ Aula invertida ▪ Trabajo colaborativo multidisciplinario ▪ Simulaciones de juicios ▪ Elaboración de videos 	Canvas PlayPosit Hypothesis	Intrabartola (2020)
Criminalística (evidencia forense en patrones) + Dactiloscopia + Análisis de huellas de calzado + Análisis de huellas de neumáticos + Balística + Análisis de patrones de machas de sangre	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mini-escenas (tamaño de clóset) ▪ Protocolos de operación para trabajo individual 	No mencionada	Intrabartola (2020)
Criminalística	Realidad virtual inmersiva	Uptale Cámara Ricoh Theta S 36° Lentes de realidad virtual Celular	Kader et al. (2020)
Criminalística (dactiloscopia)	Kits para casa	Brochas	Maynard (2021)

Ciencias bioanalíticas + Química analítica + Análisis farmacéutico + Microbiología + Biología del cáncer + Ciencia biomédica + Farmacología y biotecnología	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Simulaciones ▪ Reportes electrónicos ▪ Sesiones de trabajo en equipo ▪ Tutoriales 	Learning Science Microsoft OneNote Zoom	Bassindale, LeSuer y Smith (2021)
Psiquiatría forense	Telepsiquiatría	No mencionada	Derflinger, Niedermier y Misquitta (2021)
Análisis instrumental (como preparación para estudios sobre indicios, <i>trace evidence</i> , y toxicología)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistema de gestión del aprendizaje ▪ Discusiones en grupos pequeños c/ hojas de trabajo ▪ Grabaciones de clases ▪ Ilustraciones filmadas ▪ Quizzes (p. ej., opción múltiple, respuesta corta) ▪ Diario de autorreflexión ▪ Presentaciones elaboradas por estudiantes ▪ Exámenes finales 	Documentos de Google Google Drive Blackboard PowerPoint Cámara para digitalizar documentos	Tran y Lamar (2020)
Microscopía para biología forense	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clases a distancia ▪ Presentaciones grabadas ▪ Tutoriales para el trabajo en el laboratorio 	Microsoft Teams	Brunelli y Macirella (2021)
Introducción a la ciencia forense + Procesamiento del lugar de investigación forenses + Ley en la ciencia forense + Impresiones + Investigación de muertes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Modelo híbrido (75% asincrónico) ▪ Sistema de gestión del aprendizaje ▪ Revisión de material y preguntas en sesión sincrónica ▪ Lecturas, presentaciones, quizzes y discusión en sesión asincrónica ▪ Exposiciones por expertos (en vivo y grabadas) ▪ Exámenes en línea (supervisados) ▪ Pase de asistencia ▪ Foros de discusión 	Canvas Zoom Software de supervisión automática de exámenes Top Hat Documentos de Google	Londino-Smolar (2020)
Patología forense	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fotogrametría ▪ Clases a distancia 	Cámara Canon EOS 600D (18mpxl) Lentes EF-S 18-55 mm Cámara de smartphone Samsung Galaxy S7 Edge Autodesk ReCap Photo Microsoft Teams 3D Viewer o Emb3D	Tóth et al. (2020)
Procesamiento del lugar de investigación Serología Biología forense Aplicaciones de biología molecular para biología forense	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Escenas del crimen do-it-yourself ▪ Interrogatorio en juicio simulado ▪ Laboratorios virtuales ▪ Acceso remoto para troubleshooting ▪ Demostraciones interactivas de programas ▪ Sesiones de clase, sincrónicas y asincrónicas ▪ Espacio para colaboración en línea ▪ Presencia simultánea del instructor en dos aulas ▪ Exámenes en línea 	Cámaras de smartphones Equipo y material casero PowerPoint Zoom (función de control remoto) Software de Applied Biosystems TrueAllele Computadoras de escritorio conectada a internet Blackboard Respondus Lockdown Browser con webcam	Connon, Greenspoon y Simmons (2020)
Ciencias biomédicas y biotecnología médica	Taller CSI virtual para aprender a crear escenas	Smartdraw PowerPoint Microsoft Teams ImmerseYou360	Lim et al. (2021)

Bioquímica molecular forense Serología forense	Aula invertida	No mencionada	Elkins y Zeller (2021)
Análisis de fluidos corporales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistema de gestión del aprendizaje ▪ Videos de trabajo en el laboratorio ▪ Presentaciones interactivas ▪ Series de datos ▪ Simulaciones de laboratorio ▪ Análisis de un caso simulado ▪ Lecturas de libros de texto ▪ Sesiones de clase sincrónicas 	PowerPoint Labster Zoom Blackboard	Elkins y Zeller (2021)
Ciencia forense (criminalística) + Análisis de fibras + Análisis de vidrio + Análisis de pinturas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sesiones asincrónicas con material casero ▪ Trabajo colaborativo sincrónico 	Microsoft Teams	Tidy y Parker (2021)
Ciencia forense (en India) + Medicina forense + Antropología forense + Tafonomía forense + Lesiones mecánicas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sesiones sincrónicas de clase ▪ Evaluación en línea ▪ Fotografías de características patológicas (identificadas en autopsias) ▪ Videos de procedimientos ▪ Lectura de artículos periodísticos ▪ Suscripciones a módulos de e-learning, e-books, revistas ▪ Radiografías (para estimación de edad) ▪ Videos ▪ Sitios de internet 	Zoom Webex WhatsApp Google Forms	Thompson et al. (2020)
Ciencia forense (en Reino Unido) + Criminalística + Tafonomía	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sesiones sincrónicas de clase ▪ Sistema de gestión del aprendizaje ▪ Videos sobre técnicas forenses ▪ Seminarios con tutores ▪ Trabajo independiente ▪ Discusiones grupales ▪ Lectura de testimonios ▪ Interrogatorio/contrainterrogatorio ▪ Hojas de trabajo ▪ Repositorios de modelos 3D 	Microsoft Teams Webex Zoom Blackboard Collaborate Padlet Sketchfab	Thompson et al. (2020)
Ciencia forense (en bachillerato) + Antropometría	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sesiones sincrónicas ▪ Sistema de gestión del aprendizaje ▪ Análisis de casos criminales ▪ Demostraciones de laboratorio ▪ Fotomicrografías de evidencia ▪ Laboratorio remoto ▪ Pláticas con expertos ▪ Laboratorios en casa con kits 	Google Meet PowerPoint Google Classroom	Kochis (2020)
Criminalística (CSI)	Escenas de realidad virtual	Visores Oculus Quest 128 Gb Unity v. 2019.2.15f1 Oculus y Android Studio	Mayne y Green (2020)
Genética forense	Simulación de caso	Excel	Baranski et al. (2020)
Odontología forense	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Simulación de caso ▪ Sistema de gestión del aprendizaje ▪ Sesiones plenarias de discusión ▪ Quizzes ▪ Exposiciones ▪ Trabajo en equipo ▪ Asesorías personalizadas 	Primescan 3Shape TRIOS 4 Adobe Media Encoder Exocad Webview ImageJ Adobe Acrobat DC EpofixResin/Epofix Hardener Sierra Struers Cámara reflex de una lente GeoGebra Math Apps Canvas	Knivsberg et al. (2021)

Medicina y patología forenses	▪ Videoconferencia	Microsoft Teams	Jones (2021)
	▪ Sesiones de discusión sincrónicas y asincrónicas	Zoom	
	▪ Videos de presentaciones	PowerPoint	
	▪ Modelos anatómicos en 3D interactivos	Plataforma de videografía (screencasts)	
	▪ Aprendizaje autogestionado	Xerte	
	▪ Lista de actividades diarias	Wakelet	
	▪ Grupo de estudio virtual	Mentimeter	
	▪ Atención a dudas	Sitio de kialo-edu	
	▪ Videos sobre buenas prácticas	E-mail	
	▪ Colecciones de textos y fotografías	YouTube	
Análisis de marcas de calzado	Diseño, construcción y puesta a prueba de instrumentos pequeños, móviles y de bajo costo	Levantador electrostático de huellas de calzado	Chohan et al. (2020)
		Hojas de Mylar metalizado	
		Batería alcalina de 9 V	
		Multiplificador Cockcroft-Walton	

^a En la información suplementaria que acompaña a este artículo se ofrece, para comodidad del lector o lectora, una lista en orden alfabético con una breve descripción de las características y funciones de los programas y plataformas enlistados, según sus desarrolladores.

sistema de gestión del aprendizaje (LMS, por sus siglas en inglés) de acceso libre o a través de licencias adquiridas por su institución educativa, como Google Classroom, Blackboard o Canvas. Estos sistemas se acompañaron, prácticamente en todos los casos, con plataformas de videoconferencia como Zoom, Google Meet o Microsoft Teams, gracias a las cuales se consiguió mantener el contacto entre docentes y estudiantes e, incluso, impartir clases completas en un formato muy cercano al tradicional, es decir, centradas en la exposición docente. Además de la inversión adicional en capacitación que implica adiestrar en el uso de estas herramientas (22), otro reto técnico muy oneroso para la planta docente ha sido el tiempo invertido en la búsqueda de material videográfico en sitios de internet como YouTube que ilustre el contenido a exponer y, en caso de no encontrarlo, prepararlo desde cero (29).

En varios de los reportes encontrados se exploró el uso de la realidad virtual (RV) como un medio para enseñar el procesamiento de lugares de investigación (las comúnmente llamadas “escenas del crimen” en el ámbito anglosajón), tratando de encontrar alternativas al equipo caro y especializado que suele requerirse para estas experiencias inmersivas, y con miras a capacitar a los propios estudiantes y docentes sobre su elaboración y uso. Por ejemplo, Lim et al. (30) organizaron talleres donde enseñaron a estudiantes de ciencias biomédicas y biotecnología médica a diseñar escenas del crimen virtuales empleando herramientas como Smartdraw, ImmerseYou360 y Microsoft PowerPoint.

Estos retos técnicos son consistentes con dos de las cuatro etapas, esto es, acceso a equipos de cómputo e internet y adquisición de habilidades digitales, que la teoría de los recursos y la apropiación (21,31) ha identificado como obstáculos potenciales a la adopción de las TIC y que explican, en parte, la brecha digital entre diferentes personas. Sobre las dos etapas restantes, la motivación para

usar las TIC y los beneficios obtenidos por su uso, la necesidad de continuar con las clases a pesar del cierre de planteles limitó la capacidad de decisión del profesorado, obligándolo a adoptar herramientas que, cabe especular, no tenía contemplado utilizar. Investigar las motivaciones y reacciones del personal docente ante las remodelaciones practicadas a sus cursos podría contribuir a saber cómo alentarlos para que consoliden sus hallazgos afortunados, superen o corrijan las deficiencias, y continúen innovando aún después de restablecida la enseñanza presencial. Sobre los beneficios derivados de adoptar una u otra TIC, en el apartado dedicado a las lecciones aprendidas se pasa revista a los resultados preliminares de las evaluaciones practicadas a las distintas intervenciones educativas.

Retos pedagógicos

La transición al modelo de enseñanza a distancia requirió de una considerable inversión de tiempo y esfuerzo por parte del personal docente. Por ejemplo, Kimberlee Moran (profesora y directora del área forense en la Universidad de Rutgers-Camden) invirtió, según su testimonio, unas 150 horas durante el periodo intersemestral para replantear su curso de teoría y política aplicada a la ciencia forense, tras participar en un taller de una semana sobre diseño instruccional y tecnología. Como parte del rediseño de su curso, Moran adoptó la modalidad de aula invertida (32), solicitando al estudiantado que revisara el material de clase en casa, en forma de videos breves, para poder dedicar las sesiones semanales, vía videoconferencia, a discutirlo (29). Invertir el aula fue una medida que también implementaron otras docentes para aprovechar más y mejor las sesiones sincrónicas (23). Para algunos docentes, la transición a la modalidad en línea requirió enriquecer el material didáctico con el que ya contaban, por ejemplo, incorporando nuevas diapositivas a las presentaciones (casi un 18 por ciento adicional, según una de las fuentes consultadas, así como doce videos nuevos). Esto trajo aparejado, naturalmente, un aumento en la duración de las clases, en sí otro desafío pedagógico a superar (22).

Los diferentes sistemas de gestión del aprendizaje ofrecen una variedad de funciones pensadas para mejorar la calidad didáctica de la instrucción, a saber, a) organizándola en módulos y dando acceso al contenido del curso (presentaciones, apuntes, lecturas, tareas, quizzes, fotografías, videos, foros de discusión, etcétera) de manera centralizada, calendarizada, clara y consistente (23,15,33,34); b) incorporando mayor interactividad y mecanismos de rendición de cuentas, por ejemplo, obligando al estudiante a detenerse periódicamente a responder preguntas o hacer comentarios para involucrarse más con el material presentado (29); c) permitiendo la comunicación con el o la docente para solicitar información con la cual realizar las actividades (35); d) aplicando exámenes vigilados por sistemas anti-copia o anti-fraude (35); e) distribuyendo aleatoriamente al estudiantado en equipos, a fin de fomentar la creación de comunidad (33); f) publicando, en formato de texto, video o audio, recordatorios

de entregas o avisos sobre temas próximos (33), y g) vinculando recursos de internet externos al curso, por ejemplo, videos de YouTube, o incorporando apps o herramientas de otras plataformas como Documentos de Google (33,29,34).

Las plataformas de videoconferencia resultaron elementos clave en la transición. Permitieron conservar actividades como las exposiciones docentes, la interacción entre pares, la retroalimentación en tiempo real, las evaluaciones orales y las clases impartidas por expertos invitados (33). Además, dieron pie a la innovación y al aprovechamiento de nuevas oportunidades, como fue el caso de la ya citada Moran, quien organizó ejercicios de simulación de juicios reuniendo a estudiantes de derecho y de ciencias forenses, brindando a los primeros más conocimiento sobre evidencia forense; a los segundos, la experiencia de enfrentar un interrogatorio, y, a ambos, una formación interdisciplinaria (29). Por otra parte, para un curso de técnicas de microscopía para biología forense, las docentes responsables optaron por recurrir a la plataforma Microsoft Teams, a través de la cual proyectaron las diapositivas de sus presentaciones y tutoriales pre-grabados para las sesiones de laboratorio (22).

Si bien las videoconferencias resultan un medio ideal para propiciar la discusión en la modalidad a distancia, resultaron inadecuadas para estudiantes que no estaban en condiciones de asistir a sesiones sincrónicas, que no se sentían cómodos compartiendo sus ideas verbalmente o que necesitaban de más tiempo para articular sus respuestas. Por estas razones, hubo docentes que experimentaron durante la pandemia con herramientas que permitieran una discusión asincrónica, como Documentos de Google. En un curso de análisis instrumental de una licenciatura en ciencia forense, la plantilla docente dividió al grupo en equipos y abrió una carpeta en Google Drive para cada uno, en donde se almacenaron cuestionarios que había que completar a lo largo del curso. Contestar las preguntas requería que, por videoconferencia o a través de comentarios escritos, los y las integrantes discutieran cuál consideraban que era la información pertinente que debían recuperar de los libros de texto; que llegaran a una respuesta consensuada, o que eligieran más de una de entre un abanico de respuestas posibles. Usar Documentos de Google permitió monitorear las contribuciones de cada integrante e hizo que el equipo se esforzara por capturar y sintetizar sus discusiones en textos sucintos. Un descubrimiento interesante de los autores fue que el estudiantado suele intentar encontrar respuestas en los libros de texto antes de evaluar críticamente qué tipo de respuesta se solicita (34).

En algunas universidades anglosajonas es práctica común impartir clases en auditorios que dan cabida a cientos de estudiantes. Ese fue el caso de un curso introductorio a la ciencia forense que, antes de la pandemia, se impartía de manera presencial a 420 estudiantes y que migró a la modalidad híbrida. Como parte de la reorganización del curso, una de las dos clases semanales de 75 minutos se dedicó a revisar sincrónicamente el contenido y a atender dudas por videoconferencia, mientras que la segunda se reservó para que, de manera asincrónica, el estudiantado terminara lecturas, viera presentaciones,

contestara quizzes, realizara diversas actividades prácticas y participara en foros de discusión. Invitados e invitadas expertas en áreas como antropología forense, entomología forense, patología, dactiloscopia, identificación de armas de fuego y documentos cuestionados impartieron sus clases por videoconferencia, con la ventaja de que las grabaciones de las charlas quedaban a disposición de quien quisiera volver a verlas o no hubiera podido asistir a clase (33).

Con la finalidad de despertar el interés del estudiantado, flexibilizar la cobertura del material de clase y guiarlo en el uso de recursos digitales, los y las docentes implementaron varios métodos muy puntuales que pueden resultar útiles para otros. Se enlistan, a manera de recomendaciones, en la tabla 5. La naturaleza de estos métodos nos lleva a concluir que, aunque resulte obvio apuntarlo, diseñar e impartir cualquier asignatura en modalidad híbrida o a distancia debería de tomar en cuenta buenas prácticas de enseñanza fundamentadas en las áreas de teoría del aprendizaje, ciencia cognitiva y diseño instruccional (para más información, véase, por ejemplo, 36).

Retos disciplinares

Una muy oportuna revisión del estado de la investigación sobre el uso del laboratorio con fines educativos en la ciencia forense identificó cuáles son algunos de sus posibles beneficios formativos: por un lado, acerca a los y las estudiantes al quehacer profesional, por ejemplo, en lo que toca al tratamiento digno de restos humanos, preparándolos para enfrentar situaciones sensibles o traumáticas y manejar información confidencial; por el otro, les permite familiarizarse con equipos costosos que requieren de instalaciones especializadas para su operación. No obstante, existen muchas áreas forenses sobre las que aún no existen investigaciones sobre la eficacia de la enseñanza en laboratorios, como es el caso de química forense, biología forense, interpretación de patrones, investigación de escenas del crimen o de muertes sospechosas y medios digitales (37). A pesar de esta falta de información, mucho del trabajo forense depende de, y se realiza en, laboratorios, por lo que no tener acceso a ellos representa un obstáculo para la enseñanza de muchas disciplinas forenses.

A grandes rasgos, entre las soluciones puestas en práctica para compensar la inaccesibilidad a los laboratorios y otros espacios destinados al trabajo práctico se encontraron reportes sobre las siguientes: a) diseño y procesamiento de lugares de investigación criminalística a través de RV inmersiva; b) creación y uso de laboratorios virtuales; c) proyección de videos demostrativos de diferentes procedimientos analíticos; d) recorridos virtuales de servicios forenses; e) escenificación de lugares de investigación en casa; f) producción y análisis de material gráfico interactivo en 2D o 3D; g) compilación de bases de datos para comparar perfiles genéticos; h) adiestramiento a distancia en la aplicación de programas de cómputo; i) videoconferencias con expertos; j) prácticas profesionales a distancia; k) diseño, construcción y uso de equipos portátiles de bajo costo; l) compra o preparación de kits para trabajo en casa,

Tabla 5. Recomendaciones didácticas para facilitar el aprendizaje en la modalidad de enseñanza a distancia o híbrida, en respuesta a la pandemia de covid-19.

Recomendación didáctica	Referencia
1. Proporcionar una lista de actividades diarias sugeridas, que incluya actividades de aprendizaje autodirigido, discusiones en grupo y preguntas para guiar el análisis de un caso.	Jones (2021)
2. Diseñar las plataformas y secuenciar las actividades de manera que el alumnado pueda aprender a usar la tecnología y el contenido del curso, p. ej., dirigiéndolo al syllabus e incluyendo tutoriales sobre cómo participar.	
3. Monitorear constantemente el progreso del estudiantado, p. ej., a través de quizzes, hojas de trabajo, foros de discusión o exámenes de práctica, brindando retroalimentación rápida y oportuna.	
4. Ser transparente en el aprendizaje y la enseñanza para todas las tareas, actividades y discusiones, comunicando al estudiantado por qué se llevan a cabo, en qué consisten y cuáles son los criterios con los que se evaluará su desempeño.	Londino-Smolár (2021)
5. Al final de cada semana proporcionar a los y las estudiantes un breve resumen de lo que han, o deberían haber, conseguido, así como un adelanto de lo que realizarán la próxima semana, enfatizando la conexión entre ambas.	
6. Estructurar el trabajo en laboratorios virtuales siguiendo el esquema hacer-explorar-actuar, que consiste en comenzar con actividades que implican copiar acciones o seguir instrucciones, para continuar con unas que fomenten la comprensión a través de una manipulación más libre, y terminar con actividades abiertas que involucren tareas cognitivas más sofisticadas como diseñar un procedimiento.	
7. Enfatizar el estudio previo al laboratorio, para asegurar que el estudiantado llegue preparado a las sesiones de los laboratorios virtuales y aproveche al máximo la experiencia.	
8. No subestimar el tiempo que puede llegar a necesitar un o una estudiante para cumplir con las actividades programadas: lo que a un(a) docente le toma un par de horas puede representar un día entero de trabajo para un(a) estudiante.	
9. Dado que entre el estudiantado hay quienes están acostumbrados a sistemas virtuales cerrados, en los que solo se aceptan respuestas correctas y no existe la posibilidad de intentar y equivocarse, conviene incorporar mecanismos de retroalimentación acompañados de la oportunidad de intentar responder por segunda vez, así como explicar que no hay penalización por equivocarse la primera vez.	Bassindale et al. (2021)
10. Indicar claramente qué se espera del o de la estudiante en cada momento, por ejemplo, señalando la fase del esquema hacer-explorar-actuar que aplique a una actividad o módulo determinado.	
11. Dedicar por lo menos una sesión a explorar las características de los laboratorios virtuales, antes de solicitar al estudiantado realizar actividades que puedan influir en su calificación.	
12. Monitorear el aprendizaje planteando las siguientes preguntas periódicamente: ¿Qué quedó más claro, fue más útil o resultó más significativo del módulo? ¿Qué conceptos o ideas del módulo no quedaron claras? ¿Hay algún comentario, idea o pregunta sobre el módulo que quisieran compartir?	
13. Mantener una estructura consistente para la presentación del módulo, el material expositivo (p. ej., presentaciones, tutoriales, lecturas, etc.), las tareas y los exámenes (con quizzes de preparación, instrucciones y recomendaciones).	
14. Usar sistemas de respuesta que registren la asistencia del estudiantado y lo involucren más en la clase, planteándole preguntas sobre el contenido conforme se vaya revisando (p. ej., a través de las encuestas de Zoom).	Londino-Smolár (2020)
15. Fomentar la creación de comunidades virtuales, en especial en grupos muy numerosos, en la forma de células de estudio o foros de discusión.	
16. Aprovechar los chats que acompañan a las plataformas de videoconferencia para que estudiantes que no se sienten cómodos preguntando frente a sus pares lo hagan de manera privada. El registro anonimizado del chat puede compartirse con el grupo, a la manera de una sección de preguntas frecuentes.	
17. Brindar retroalimentación sobre el desempeño y orientación con respecto al curso a través de videos y audios, no solo textos.	
18. Incorporar ejemplos de faltas o delitos relacionados con el covid-19 para ilustrar la relación entre el contenido del curso y el mundo real. La violencia doméstica, la venta de curas falsas/falsificadas o certificados falsos de vacunación, o el incumplimiento de medidas sanitarias son algunos temas que pueden vincular a la pandemia con la ciencia forense.	The University of Newcastle, Australia (2020)

o préstamo de materiales, y m) diseño de mini-escenas para trabajo individual en condiciones de distanciamiento social. A continuación, se tratarán con más detalle cada una de estas intervenciones.

Realidad virtual inmersiva

Integrar la RV a la enseñanza de la criminalística, a través de la recreación de espacios como los lugares de investigación, no es precisamente un tema nuevo, aunque con la pandemia cobró relevancia por conjuntar la telepresencialidad, la capacidad de crear, multisensorialmente, espacios reales o imaginados e interactuar con ellos, y la oportunidad de brindar retroalimentación inmediata sobre el desempeño. La RV ofrece al alumnado un entorno o espacio continuo (en contraste con la perspectiva desarticulada de un registro fotográfico) donde ubicar los indicios y vislumbrar cómo están vinculados entre sí (38). Entre los usos que se le han dado a la RV con fines didácticos antes de la pandemia están el análisis de casos a partir de su reconstrucción en 3D (como el asesinato del joven afroamericano Trayvon Martin, realizado por De la Peña (39), o el proyecto del forensic holodeck de la Universidad de Zúrich, 40); la recreación en la plataforma Second Life (41,42,43) de salas de juicio virtuales donde escenificar juicios orales, y la exploración de la escena de un crimen en el formato de un videojuego (44).

La búsqueda realizada para esta revisión arrojó varias aplicaciones de la RV a la enseñanza de la criminalística. Mayne y Green (45) crearon un lugar de la investigación virtual que permite explorar interactivamente el entorno (caminando con un visor de RV o utilizando un control remoto semejante al de una consola de videojuegos), buscar indicios y tomarles fotografías, además de llevar a cabo algunas tareas de procesamiento como colocar marcadores de indicios. Por su parte, Hassenfeldt y sus colegas (46), en un curso de análisis forense digital y ciberseguridad, crearon una experiencia de RV inmersiva para adiestrar a sus estudiantes sobre tipos de evidencia, métodos y herramientas para extraer y visualizar información digital, integridad de la evidencia y cadena de custodia, y programas para realizar análisis forense digital. La experiencia invita a resolver un caso de espionaje industrial, para lo cual se parte de procesar la oficina de un ejecutivo. No obstante su versatilidad, adoptar la RV se topa con obstáculos importantes, entre los principales, el elevado costo del equipo y la necesidad de capacitar a los y las docentes en programación para que puedan crear escenarios virtuales. Enfocándose en la formación de profesionales de la química, pero relevante para la didáctica de la ciencia forense, un equipo de la Universidad Nacional de Singapur desarrolló un escenario virtual mixto, en el que elementos reales se incorporan a una escena virtual, con la finalidad de desarrollar competencia para priorizar, recolectar y analizar indicios y, a partir de ellos, reconstruir la mecánica de los hechos. Importantemente, la interfaz de la plataforma con la que construyeron su escenario virtual (*Uptale*) es sencilla de utilizar, al no requerir de conocimientos de programación, mientras que el estudiantado puede explorar el escenario con lentes de RV de bajo costo adaptados a su teléfono celular (38).

Laboratorios o escenas virtuales y trabajo en casa

Si bien el enfoque de este apartado está puesto en laboratorios y escenas virtuales no inmersivas y trabajo en casa, quienes optaron por estas alternativas implementaron una variedad de recursos para apuntalar la enseñanza en línea. Decidimos incluir dicha variedad para ofrecer una visión lo más fiel posible del enfoque holístico de sus autores y autoras. Junto con los laboratorios virtuales incluimos, pues, escenificaciones de lugares de investigación virtuales pero que no recurrieron a la RV, dada la semejanza de su operación con la de los primeros.

Para impartir a distancia un curso de ciencia forense, Londino-Smolar (47) integró múltiples recursos didácticos alrededor de un laboratorio virtual que permitía al estudiantado diseñar experimentos, generar datos e interpretar resultados. La primera parte del laboratorio consistía en la exploración de un lugar de investigación en donde los y las estudiantes, con sus decisiones, determinaban el curso de la investigación. En secciones subsecuentes, llevaban a cabo análisis serológicos y comparaciones de indicios (impresiones dactilares, restos de incendios o cabellos). El trabajo en el laboratorio virtual se complementó con kits comerciales, adaptados a los objetivos del curso, para que el alumnado trabajara en casa; tutoriales sobre el contenido de los kits; videos interactivos con expertos forenses; demostraciones de fuego y explosiones; imágenes de indicios balísticos y de patrones de calzado en 3D, y recorridos virtuales creados a partir de fotografías de laboratorios forenses que brindan servicios a la policía.

Adoptando una estrategia integral semejante a la anterior para sus cursos de bioquímica y serología forenses, Elkins y Zeller (23) recurrieron a videos pregrabados sobre procedimientos de laboratorio y sus resultados; presentaciones en PowerPoint interactivas e hipervinculadas que permiten al estudiante tomar decisiones sobre los análisis a realizar en un caso simulado; actividades de laboratorio en modalidad híbrida donde cada estudiante podía elegir entre acudir al laboratorio o usar un laboratorio virtual; sesiones sincrónicas en las que los y las estudiantes dirigían las acciones del profesor y sus asistentes en el laboratorio para analizar los indicios de un caso; escritura de reportes, y simulación de un juicio. La pareja docente recurrió a dos tipos de laboratorios virtuales: uno creado por ellos mismos y otro comercial. Para el primero, se tomaron fotografías de equipos (por ejemplo, pipetas), de acciones ejecutadas, de resultados de las pruebas analíticas y de observaciones al microscopio. A partir de esta información, el estudiantado documentó los procedimientos en su bitácora e interpretó los resultados. Para el segundo, los y las estudiantes completaron seis módulos de Labster: seguridad en el laboratorio, bioseguridad, preparación de soluciones, pipeteo, anticuerpos y la prueba ELISA. Quizás lo más interesante de esta estrategia sean las sesiones sincrónicas en las que el profesor actuó como las manos del estudiante en el laboratorio, siendo él o ella quien decidía los pasos a seguir y las cantidades de reactivos a añadir.

Con el fin de familiarizar al estudiantado con “los parámetros y los conceptos que influyen en la eficiencia de un procedimiento experimental”,

Bassindale et al. (48) desarrollaron una serie de simulaciones sobre optimización de pruebas de PCR, análisis por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas, cromatografía líquida de alta eficacia, purificación de proteínas a partir de lisados celulares e identificación de proteínas en materiales biológicos. Además de adoptar el esquema hacer-explorar-actuar para secuenciar las actividades en el laboratorio virtual (ver tabla 5, incisos 6 y 10), los autores las suplementaron con actividades pre-laboratorio, videoconferencias, tutoriales, bitácoras electrónicas y sesiones de preguntas al término del trabajo en el laboratorio virtual.

Otra aproximación integral al trabajo práctico en el laboratorio la implementaron (en el Departamento de Ciencia Forense de la Universidad de la Mancomunidad de Virginia) Cannon y sus colaboradoras (35), quienes, a los laboratorios virtuales, sumaron escenas del crimen montadas por el estudiantado (*do-it-yourself crime scenes*), videoconferencias, exposiciones grabadas, demostraciones de programas de cómputo y acceso remoto a ellos, espacios virtuales colaborativos (*breakout rooms*), presencia simultánea de un docente en dos salones, presencialmente y a través de videoconferencia (para procurar la sana distancia entre el alumnado), e interrogatorios de estudiantes en el papel de testigos expertos. Los laboratorios virtuales de serología siguieron un esquema muy parecido a los de Elkins y Zeller (23): presentaciones interactivas de PowerPoint, hipervinculadas y con animaciones complejas. Para las escenas, el alumnado se valió de las cámaras de sus teléfonos celulares y de artículos de uso común como harina, pinceles o brochas, cinta adhesiva transparente, reglas o cintas métricas, animales de peluche o muñecas. Reportan las autoras que, aún con estas carencias, consiguieron planear, escenificar, documentar y procesar un lugar de investigación en algún espacio de sus hogares. Para sacar más provecho de la actividad y consolidar el aprendizaje, cada estudiante recibió la documentación de la escena de un o una compañera para reconstruirla.

Brunelli y Macirella (22), para su curso de microscopía aplicada a la biología forense, emplearon videos tutoriales para guiar la realización en casa de las actividades que originalmente se llevaban a cabo en el laboratorio, utilizando materiales al alcance de cualquiera. Cuando las actividades requerían de equipo o material inaccesible para el estudiantado, recurrieron exclusivamente a videos explicativos de los procedimientos experimentales. Kochis (15), por su parte, implementó una práctica de antropometría en casa, en la que sus estudiantes midieron las dimensiones corporales de dos integrantes de su familia con cintas métricas u otros instrumentos de medida disponibles.

Los laboratorios virtuales pueden ser muy útiles para enseñar los fundamentos de las técnicas de una disciplina forense, pero no necesariamente lo son para dar a entender las complejidades inherentes a la interpretación de los datos ni para desarrollar habilidades motoras finas. Hay incluso quienes opinan que este tipo de laboratorios, al despojar a los errores de consecuencias reales, pueden fomentar en el estudiantado poca seriedad, descuido de la responsabilidad y poca atención (49). Además de estos inconvenientes, el uso

excesivo de equipos digitales puede ser causa de “fatiga de Zoom” o cansancio por “comunicación mediada por computadora” (50), problema al que abonan los laboratorios virtuales. Para crear oportunidades de aprendizaje en las que sus estudiantes pudieran desconectarse de sus computadores e internet, Tidy y Parker (51) los y las invitaron a explorar sus hogares, sin necesidad de equipo especializado, con la intención de reunir datos que interpretar desde una perspectiva forense. En la tabla 6 se enlistan y describen los ejercicios realizados.

Tabla 6. Ejercicios de interpretación de objetos cotidianos encontrados en el hogar como indicios forenses.

<p>Ejercicio #1. Interpretación de fibras como indicios forenses</p> <p>Se solicitó que registraran y clasificaran quince prendas de vestir de su guardarropa en función del tipo y color de sus fibras. A partir de los datos de todos y todas las estudiantes se determinó cuál es la frecuencia de los diferentes tipos y colores de fibra. Estos resultados se compararon con estudios publicados. Se discutió por qué la información en una base de datos puede ser diferentes de las de una población, y cómo impacta esto en la interpretación de indicios con fines forenses.</p>
<p>Ejercicio #2. Interpretación de restos de vidrio como indicios forenses</p> <p>Se solicitó que recorrieran las zonas aledañas a su hogar para registrar fragmentos de vidrio roto, clasificándolos de acuerdo con sus características y registrando el tipo de zona (urbana o rural) en las que los hallaron. A partir de los resultados de todo el grupo, se determinó cuáles son los fragmentos de vidrio “de fondo” (background) en diferentes zonas. Se reflexionó sobre la importancia de conocer este dato para interpretar indicios con fines forenses.</p>
<p>Ejercicio #3. Interpretación de muestras de pintura como indicios forenses</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Parte 1: se solicitó que recorrieran las zonas aledañas a su hogar y registraran el color de las ventanas de los edificios, así como si eran o no de doble paño (termoaisladas). Los resultados del grupo se usaron para calcular frecuencias de las características registradas y se compararon con estudios publicados. Se discutió cuál es el valor del color de un vidrio en casos de robo a casa-habitación cuando la mayoría de las ventanas son de doble paño. ▪ Parte 2: se solicitó que, con plumones, crearan diez ejemplos de muestras de capas de pintura, eligiendo los colores libremente, como las que se podrían tomar de paredes que han sido repintadas. En el grupo se compararon los patrones de capas de colores para averiguar cuáles y cuántos patrones se habían repetido, y decidir con base en los hallazgos si las muestras de capas de pintura podrían servir con fines de identificación. Los resultados se compararon con estudios publicados.
<p>Ejercicio #4. Análisis de patrones de desgaste en calzado</p> <p>Se solicitó que documentaran el patrón de desgaste y daño de hasta cinco pares de sus propios zapatos. Los patrones se mapearon a diferentes zonas del calzado y se discutió de qué manera los hallazgos podrían influir en la interpretación de indicios forenses.</p>

Un ejercicio de ludificación (*gamification*) del laboratorio, semejante en su lógica a uno de los reportados por Elkins y Zeller (23), fue llevado a cabo por Ibrahim Baggili (profesor de ciencias de la computación en la Universidad de New Haven, EEUU) en un curso de introducción al análisis forense digital. El ejercicio consistió en controlar vía remota las acciones en la escena del crimen de un investigador que llevaba un cámara GoPro montada en un casco para esquiar. La cámara transmitía las imágenes en vivo a través de la plataforma Twitch, de manera que el estudiantado podía dirigir en tiempo real las acciones de procesamiento de la escena. Posteriormente, se decidió cuáles eran los indicios más prometedores y qué había que hacer con ellos (52).

Imágenes, videos y especímenes

El manejo, producción y análisis de imágenes (fotografías, radiografías) y especímenes (huesos, piezas dentales) es parte central de la didáctica de varias

disciplinas forenses. Knivsberg y colaboradores (53), en su curso de odontología forense, usaron el escaneo intraoral para producir modelos de superficie en 3D de la dentadura de pacientes voluntarios, en sustitución de exámenes físicos de pacientes o cadáveres. Junto con expedientes clínicos electrónicos (que incluían radiografías, fotografías y textos descriptivos) y fotografías de piezas dentales, los escaneos intraorales se usaron en ejercicios de estimación de edad y de comparación de registros ante-mortem y post-mortem en el contexto de un accidente simulado. Si bien el análisis de material visual no permite identificar características dentales que solo pueden detectarse en una exploración física, el acceso a este tipo de material es, de acuerdo con los y las autoras, lo suficientemente cercano a la realidad para ser satisfactorio en la enseñanza de nivel licenciatura, y puede complementar ejercicios presenciales que antes de la pandemia se llevaban a cabo, con varias limitantes, en clínicas y morgues.

Para un curso de medicina forense y patología (54), la demostración de técnicas de reducción de la violencia y control corporal, usadas en entornos clínicos y por la policía, se sustituyó por videos disponibles en YouTube que ilustran buenas prácticas, y la exploración física se realizó a través de modelos anatómicos en 3D. Twitter sirvió como un medio de difusión de material relevante para el curso y como receptor de mensajes alentadores de parte de estudiantes. En un curso de patología forense llevado a cabo en la Universidad de Pécs de Hungría se utilizó la fotogrametría, ante la imposibilidad de que el estudiantado asistiera a las autopsias que solían ser la norma, para crear modelos de superficie texturizados en 3D a partir de fotografías superpuestas tomadas desde diferentes ángulos. El modelo resultante puede rotarse y ampliarse a voluntad. A diferencia de la filmación de videos, tomografías computarizadas post-mortem e imágenes de resonancia magnética nuclear, la fotogrametría es, comparativamente, más fácil de usar y más económica, en parte gracias a la disponibilidad de cámaras digitales de alta resolución y programas de manipulación de imágenes, tanto gratuitos como comerciales, para crear modelos fotogramétricos en 3D. Además de su beneficio educativo, según los y las autoras, la fotogrametría podría usarse para documentar autopsias en casos forenses reales (55).

Bases de datos

Una contribución prometedora al campo de la enseñanza de la genética forense apareció durante la pandemia en la forma de FauxDIS (56), una base de datos de perfiles genéticos, actualmente integrada por 150, inspirada por CODIS (*Combined DNA Index System*). Su finalidad es permitir a estudiantes investigar delitos simulados obteniendo perfiles a partir de indicios biológicos hallados en un lugar de investigación para después confrontarlos con los almacenados en FauxDIS, pudiendo calcularse estadísticamente la probabilidad asociada a las correspondencias, así como frecuencias alélicas. Las creadoras de este recurso didáctico buscan enriquecer el contenido de la base de datos y hacerla accesible a docentes de todo el mundo: el requisito para conseguir el acceso es proporcionar un perfil nuevo y completo para incorporarlo a FauxDIS.

Programas de cómputo y dispositivos digitales

Además de gestionar videoconferencias, Zoom resultó ser una herramienta útil para enseñar a usar programas de cómputo, a través de su función de control remoto: gracias a ella, el estudiantado pudo tener acceso desde casa a programas instalados en las terminales de la universidad para analizar los resultados de pruebas de PCR en tiempo real y de la obtención de perfiles humanos, así como recibir asesoría en tiempo real para resolver problemas técnicos de parte de personal de apoyo técnico, del equipo docente o de otros estudiantes, a quienes se les podía dar acceso remoto a la computadora del estudiante en problemas (35).

De entre las tecnologías emergentes, los drones han cobrado particular notoriedad forense por su uso como transporte de artículos de contrabando, especialmente drogas; vigilancia, espionaje y violaciones a la privacidad, e, incluso, ataques con explosivos (57,58). Durante la pandemia de covid-19, se usaron para vigilar el cumplimiento de medidas sanitarias como el distanciamiento social y el confinamiento. Aprovechando esta coyuntura, la empresa Spyder Forensics ofreció cursos en línea de análisis forense de drones, enviando por correo kits que incluían un dron, un tutorial para aprender a volarlo y recopilar datos y equipo para extraer información de discos duros (un *write blocker*). Para brindar asesorías personalizadas, la plantilla docente recurrió a webcams para guiar a los y las participantes y ayudarles a corregir errores. Además, a cada estudiante se le asignó una laptop ubicada en las instalaciones de la empresa a la cual podía conectar la computadora de su casa, a fin de que los y las instructoras pudieran monitorear su trabajo vía remota. De acuerdo con un representante de la empresa, podía verse si alguien se estaba retrasando o si había problemas con el equipo o internet. El instructor podía acceder a la computadora del estudiante, tomar control del teclado y del ratón y explicarle las acciones correctivas que estaba realizando (59).

Videoconferencias

Además de los usos que ya se han mencionado, las plataformas de videoconferencia le permitieron a Xanthé Mallett (profesora de criminología en la Universidad de Newcastle, Australia) grabar una serie de entrevistas con expertos que, antes de la pandemia, solía invitar a su salón de clase. Dado que el transporte, los viáticos y el hospedaje no son un factor para organizar una videoconferencia, la académica aprovechó para ampliar su alcance y entrevistar a expertos de otras latitudes (60). En el Reino Unido, una plataforma de videoconferencia se usó para que el equipo docente escenificara y grabara el interrogatorio y contrainterrogatorio de un perito criminalista como parte de un juicio oral. La sesión se transmitió en vivo para que el estudiantado pudiera interactuar en tiempo real con quienes participaban en la escenificación, identificaran buenas prácticas y áreas de oportunidad (en el guión de la escena se incorporaron deliberadamente errores) y reflexionaran sobre cómo

responderían personalmente a las preguntas del fiscal y del abogado de la defensa. La adopción de esta modalidad obedeció al deseo de no someter al estudiantado al proceso de dar su testimonio y ser cuestionado directamente, lo que podría haberle resultado incómodo a estudiantes con poca experiencia o con problemas de conexión (16).

Prácticas profesionales a distancia

El covid-19 obstaculizó enormemente la enseñanza clínica, en particular, aquella que se llevaba a cabo en centros correccionales. Hasta antes de la pandemia, la telepsiquiatría no había sido incorporada de manera amplia al abanico de recursos didácticos de los programas de especialidad, en particular los orientados al área forense. Como parte de una rotación en telepsiquiatría, cuatro médicos residentes brindaron atención psiquiátrica a distancia a jóvenes reclusos de entre 15 y 20 años. La experiencia consiguió despertar el interés de los residentes en, y familiarizarlos con, esta modalidad de atención, dejándolos muy satisfechos de haber participado. Tres de los cuatro opinaron que la atención a distancia aumentaba la seguridad tanto para el personal médico como para los pacientes, aunque antes de participar uno temió que pudiera ocurrir algún episodio violento sin poder apoyar físicamente en su contención. Todos consideraron que la telepsiquiatría podría aumentar el acceso a este tipo de atención en escenarios carcelarios a un menor costo, y apreciaron la oportunidad de colaborar con el equipo de enfermería del centro para coordinar la atención. En tanto herramienta didáctica, la telepsiquiatría demostró ser una alternativa efectiva para entrenar a residentes y brindarles experiencia en el cuidado de poblaciones privadas de su libertad (61).

Además del ejemplo de la telepsiquiatría forense, poco se ha escrito en foros académicos sobre cómo llevar a un entorno en línea las prácticas profesionales en el campo forense. El análisis digital forense o la investigación de delitos cibernéticos son tareas que naturalmente se prestan al teletrabajo, por ejemplo, a través de proyectos sobre apps encriptadas, el internet de las cosas (IoT), relojes inteligentes o la *dark web* (59).

Equipos portátiles y accesibles

Con el cierre de los laboratorios, se perdió el acceso a todo aquel equipo especializado necesario para el desarrollo de destrezas, equipos de alto costo que no pueden moverse de lugar en virtud de su tamaño o por requerir, para su funcionamiento, de instalaciones (voltaje, gas, vacío) y consumibles muy particulares. Aprovechándose de la enseñanza por indagación, la iniciativa SMILE (acrónimo de *Small, Mobile Instruments for Laboratory Enhancement*) (62) invita a estudiantes universitarios a diseñar, construir, caracterizar y poner a prueba instrumentos analíticos pequeños, portátiles y de bajo costo que puedan compartirse con otros estudiantes en la forma de kits o de las instrucciones para construirlos. En su catálogo cuenta con un levantador electrostático de

impresiones capaz de recuperar patrones de tierra o polvo depositados sobre diferentes superficies por el calzado, o por las manos sobre paredes o puertas. Este equipo tiene un costo de entre 50 y 70 dólares (1,000 a 1,500 pesos mexicanos), cuando equipos comerciales equivalentes pueden llegar a costar arriba de 650 dólares (más de 13,000 pesos).

Medidas de higiene y sana distancia

Instituciones afortunadas que cuentan con espacios amplios o al aire libre han podido continuar con las actividades prácticas presenciales. En su curso de introducción a la ciencia forense, James Jabbour, profesor de ciencias y matemáticas en Curry College, aprovechó que sus estudiantes ya habían sido entrenados para trabajar de manera higiénica en los laboratorios —sanitizando sus espacios de trabajo y usando guantes, por ejemplo— para permitirles trabajar en estaciones de trabajo individuales, separadas por casi dos metros entre sí, además de hacer trabajo de campo, guardando la sana distancia y siempre y cuando las condiciones meteorológicas lo permitieran (63). Por su parte, en la Universidad de Rutgers se habilitaron, en la forma de mini-escenas, espacios del tamaño de un clóset para trabajo individual que el estudiantado podía reservar para llevar a cabo prácticas de dactiloscopia, análisis de huellas de calzado y llantas, balística y análisis de patrones de manchas de sangre. Cada participante recibía un procedimiento estandarizado de operación con la información necesaria para realizar el procesamiento de indicios y su análisis (29).

Con esto concluye el repaso de las iniciativas adoptadas desde distintas disciplinas forenses para continuar con su enseñanza a pesar de las restricciones sanitarias, enfocadas en compensar la falta de acceso a laboratorios y espacios para escenificar delitos. Si bien todas estas medidas dan fe de la importancia de la formación práctica para el perfil de los y las científicas forenses, también demuestran que existe una gran riqueza de recursos para desarrollar las habilidades del estudiantado, recursos que, seguramente, en mucho contribuirán a robustecer la enseñanza de la ciencia forense y sus disciplinas componentes en el futuro, con o sin pandemia. En la siguiente sección se detallarán algunos resultados sobre la efectividad y la recepción por parte del alumnado de algunas de las intervenciones educativas descritas.

Lecciones aprendidas

Uno de los resultados más gratificantes de la transición forzada a la enseñanza a distancia quizás haya sido la buena aceptación de, y el compromiso del estudiantado con, las medidas adoptadas. De acuerdo con Moran, sus cursos a distancia y en modalidad híbrida registraron una asistencia superior a la de sus cursos tradicionales, además de que sus estudiantes cumplieron con la entrega de todas las tareas solicitadas, cosa que no ocurría antes. Notó mucho más interés en la clase y sus estudiantes parecían genuinamente más entusiastas (29). Otros autores, igualmente, reportaron un nivel alto de involucramiento en la clase, de participación en las actividades y de entrega de tareas (23,54).

En los estudios que reportaron algún tipo de evaluación de sus intervenciones educativas, la retroalimentación recibida de parte de la población estudiantil fue, en su mayoría, positiva. En específico, se registró un alto grado de satisfacción con la enseñanza por parte del cuerpo docente o con el desarrollo tecnológico (30,45,48,51,55), los métodos didácticos implementados (22,23,53,54), los ejercicios prácticos planteados (23,51,53), el nivel de desafío intelectual (48,63), la utilidad del conocimiento aprendido (51,54), el tiempo disponible para revisar materiales del curso (54), el desarrollo de habilidades (54), y el disfrute de, o el aprecio por, la actividad o la asignatura (30,48,51,54).

Las opiniones del estudiantado con respecto a las clases en línea mediada por un sistema de gestión del aprendizaje (específicamente, Google Classroom) se exploraron en el contexto de un curso de medicina forense en India: las ventajas del sistema, en las que la mayoría del estudiantado estuvo de acuerdo, fueron que constituía el mejor medio de aprovechar el periodo de confinamiento sin interrumpir el estudio de la asignatura; resultaba muy fácil de usar, pudiendo acceder a él desde cualquier lugar y revisar el material cuantas veces se deseara; permitía recibir retroalimentación útil e instantánea sobre el desempeño; ofrecía la opción de comunicarse de forma privada y por escrito con el o la profesora a través del chat, y facilitaba monitorear el estatus de las tareas y sus calificaciones. Una minoría opinó que la asignación periódica de tareas después de la clase les ayudaba a recordar los conceptos, se sentían menos presionados por tener que copiar las diapositivas y estudiaban con menos estrés. Sobre las desventajas, las principales reportadas fueron que las clases en línea no son tan efectivas como las tradicionales, por no permitir la interacción entre las personas; consume muchos datos de internet, requiere de espacio de almacenamiento adicional en la computadora y es vulnerable a la interrupción del servicio de internet, lo que puede retrasar las notificaciones; puede ser complicado ubicar material y subir tareas, y requiere de un periodo de adaptación para sentirse comodidad al usarlo (64).

En general, las iniciativas encaminadas a ampliar la aplicación de la RV en la creación de escenarios inmersivos e interactivos (sobre todo, lugares de investigación criminalística) fueron bien recibidas por el estudiantado, mostrándose mayoritariamente satisfecho con la experiencia (30,38,45,46). En los siguientes párrafos se detallan los principales hallazgos de las diferentes iniciativas por incorporar la RV a la enseñanza de disciplinas forenses.

Mayne y Green (45) evaluaron tanto la efectividad de su lugar de la investigación virtual como la opinión de quienes participaron en su puesta a prueba. Encontraron que estudiantes de posgrado y docentes conseguían un mejor desempeño que estudiantes de licenciatura en la inspección de la escena (lo que sugiere que sí representaba un desafío genuino). Por otra parte, todos los y las participantes opinaron que la sesión explicativa previa fue suficiente para familiarizarse con la app; el uso de los controles era intuitivo; la app era adecuada para aprender sobre el procesamiento de una escena del crimen, y utilizarla fue divertido. Entre la planta docente prevaleció la impresión de que

el escenario era fácil de explorar y que la experiencia sí resultaba inmersiva, pero que, por lo mismo, podía llegar a causar mareos. A pesar del alto grado de satisfacción de los y las usuarias, sugirieron añadir indicios tales como patrones de manchas de sangre, programar la posibilidad de desplazar el mobiliario y añadir el uso de regletas. Una limitante importante que los autores reportaron fue el costo de diseño y operación: 8,000 libras esterlinas (arriba de 200,000 pesos mexicanos).

Hassenfeldt y sus colegas (46) evaluaron la efectividad de su intervención comparando el desempeño y las opiniones de un grupo de estudiantes que utilizó el escenario virtual con el de otro que realizó el procesamiento de un escenario equivalente pero real. Encontraron que, independientemente del grupo, hubo una mejora en el conocimiento declarativo de quienes participaron sobre aspectos tanto teóricos como prácticos del procesamiento de equipo digital y el análisis forense digital. En cuanto a diferencias entre los grupos, no se registró diferencia estadísticamente significativa en términos de su conocimiento. El nivel de satisfacción fue alto, aunque hubo reportes de imágenes borrosas, incomodidad con el visor, dificultad para acostumbrarse a los controles y necesidad de tiempo para practicar con el sistema antes de tener que procesar la escena, sin que, aparentemente, se viera afectado el aprendizaje. En el mismo sentido, Kader et al. (38) recibieron reportes de dificultades de maniobrabilidad, falta de claridad en algunas imágenes y algo de mareo.

Con respecto al uso de los laboratorios virtuales, Elkins y Zeller (23) pudieron comparar el desempeño de estudiantes que eligieron laboratorios presenciales contra quienes optaron por los virtuales, encontrando que la calidad de las bitácoras del segundo grupo fue muy similar a la del primero. Por su parte, Bassindale et al. (48) hallaron que, en opinión de los y las usuarias, el sistema de comandos para controlar el laboratorio virtual resultó un buen mecanismo para dar instrucciones a la interfaz, ayudó a preparar los reportes para la bitácora electrónica y permitió explorar el laboratorio y cumplir con las actividades. El esquema hacer-explorar-actuar también fue bien recibido. A decir del estudiantado, las principales habilidades desarrolladas gracias a la experiencia fueron el registro en la bitácora, el análisis de datos, la resolución de problemas y el pensamiento crítico. Si bien la mayoría del estudiantado encontró el laboratorio “interesante”, “bueno”, “excelente” e “informativo”, algunos lo calificaron de “desafiante” o “frustrante”, en particular por colapsos del sistema que no permitían cumplir con las actividades. Aunado a lo anterior, hubo quienes reportaron necesitar más tiempo del programado para concluir con las actividades. De entre las conclusiones del estudio, destacamos el hecho de que, así como en los laboratorios presenciales, quienes más se prepararon antes de las sesiones prácticas obtuvieron mejores resultados, además de que existen estudiantes que requieren de confirmación constante de que están haciendo bien las cosas, quizás debido a cierta falta de experiencia con este tipo de herramientas digitales. Cannon et al. (35) también reportaron que el estudiantado encontró los laboratorios virtuales altamente efectivos para

cumplir con los objetivos del curso, en concreto, conocer los fundamentos de las pruebas serológicas, las medidas de prevención de la contaminación de muestras, el papel de los controles experimentales y la importancia de seguir procedimientos estandarizados de operación.

Las actividades de laboratorio en casa, como las planteadas por Tidy y Parker (51), fueron bien recibidas por los y las estudiantes, quienes agradecieron el receso que les proporcionó de sus dispositivos, permitiéndoles despejar sus mentes y descansar su vista. No obstante, consideraron que es más fácil recordar la información cuando se aprende a través de una actividad práctica “real” y no una virtual o simulada, y que las primeras son mucho más motivantes. El involucramiento fue mayor en un grupo que combinó actividades en casa con laboratorios virtuales, en comparación con otro que solo utilizó los segundos. Con respecto al aprendizaje, los y las participantes opinaron que las actividades en casa les permitieron consolidar su conocimiento con menos esfuerzo, no solo para aprobar los exámenes sino para proyectos futuros como el trabajo. Estas percepciones se vieron reflejadas en mejores calificaciones, en comparación con años previos. Un beneficio inesperado de estas actividades fue que, en algunos casos, se convirtieron en actividades que despertaron el interés de otros integrantes de la familia, interesando a los más jóvenes que también estaban tomando clases a distancia.

A pesar del carácter mayoritariamente positivo de las opiniones descritas arriba, también existe alguna evidencia de insatisfacción con la enseñanza en línea entre algunos y algunas estudiantes, en particular, hacia aquella que se basa en gran medida en plataformas de videoconferencia. Algunos inconvenientes identificados son que podrían ser más amigables con sus usuarios y usuarias, sobre todo cuando se comienza a usarlas; el o la docente tiene que brindar apoyo técnico a sus estudiantes para resolver dudas sobre la plataforma; los micrófonos se encienden en momentos inoportunos o quien interviene no lo enciende; la calidad de audio y video depende del ancho de banda; se presta más a distracciones sin que el o la profesora pueda percatarse de ello y remediarlo, y la interacción no es tan fluida como en las clases cara a cara (65). Asimismo, la población estudiantil echó de menos la interacción presencial con sus profesores y profesoras (54,64) y las demostraciones en vivo (54,55). Algunos estudiantes también experimentaron problemas de compatibilidad entre programas (53) o dificultades para usarlos (55). Finalmente, docentes y estudiantes valoran las innovaciones emprendidas para encarar la enseñanza a distancia más como un complemento de la instrucción práctica tradicional, que como sustitutos de las actividades prácticas (23,48,55).

Con respecto a la evaluación en línea, existen reportes de que algunos docentes sospecharon o notaron una extensa y flagrante deshonestidad académica de parte de estudiantes al responder los exámenes: a una profesora le llamó la atención que en el primer examen después de declarada la contingencia sanitaria arriba del 60 por ciento de sus estudiantes consiguiera la máxima calificación, cuando pre-pandemia lo normal era que solamente 5-7 por

ciento lo hiciera. También se detectaron instancias de textos copiados de las presentaciones de PowerPoint de la clase y pegados como respuestas en los exámenes, o de estudiantes que se comunicaron entre sí durante las evaluaciones. Como medidas para prevenir y combatir la deshonestidad académica se optó por anular exámenes, aplicar sanciones más severas, usar herramientas anti-copia para exámenes virtuales (como Respondus Lockdown) con monitoreo por cámara web, aleatorizar la secuencia de las preguntas, inhabilitar la posibilidad de regresar a preguntas previas, preparar versiones alternativas de los exámenes o borrar las copias de las presentaciones del aula virtual quince minutos antes del examen (35).

Además de las innovaciones que se han compilado para esta revisión, la pandemia también deja preguntas que la investigación educativa puede ayudar a contestar, empezando por averiguar qué ocurrió durante la pandemia con el desarrollo de esas habilidades psicomotoras que son clave para la realización de procedimientos de campo o de laboratorio, como el procesamiento de un lugar de investigación o el análisis de indicios, respectivamente. ¿Ocurrió efectivamente un atraso en el desarrollo de habilidades o, alternativamente, su deterioro? Para responder cabalmente a estas preguntas habrá que intentar, en esencia, comparar el desempeño de las generaciones que concluyeron sus estudios antes de la pandemia con el de aquellas que los vieron interrumpidos (por ejemplo, a través de diseños de tipo cuasi-experimental, 66), tratando de controlar las muchas variables, aparte del tipo de enseñanza práctica recibida, que pudieran influir en el desempeño. Mientras tanto, estudios como los de Heng et al. (67) pueden empezar a aportar piezas del rompecabezas. Entre otras cosas, este equipo de investigadores encontró que la habilidad de los estudiantes para extraer ADN plasmídico (reflejada en el rendimiento de la extracción y la pureza del ADN) es prácticamente igual si se les entrena usando una demostración en persona del procedimiento o una demostración grabada. (Y es significativamente peor si no les brinda ningún entrenamiento.) Esto sugiere que los métodos de enseñanza a distancia no necesariamente han de impedir o frenar el desarrollo de habilidades procedimentales.

Otra pregunta importante tiene que ver con la relación entre docentes y estudiantes: ¿cómo cambió la dinámica mutua al transitar hacia la enseñanza virtual, en particular en el caso de aprendizajes que requieren del modelado y moldeamiento que lleva a cabo el o la docente? Con respecto a esta relación crucial para el aprendizaje, el análisis de los resultados de una encuesta aplicada a estudiantes universitarios en China, que habían tomado clases teóricas y prácticas en línea a raíz de la pandemia, reveló que la calidad y la cantidad de las interacciones docente-estudiante pueden influir, directa y positivamente, en la percepción estudiantil de varios aspectos de la calidad del aprendizaje, e indirectamente, crear una atmósfera psicológica positiva en la clase y fomentar el involucramiento (*engagement*) del estudiantado en su propio aprendizaje (68). Comunicarse con franqueza y cuidar el trato dado al estudiante pueden ayudar a crear condiciones que contrarresten en mayor o menor medida los obstáculos

a la interacción que impone la virtualidad. Por su parte, en una muestra de estudiantes adolescentes en Portugal que cursaron tres meses de enseñanza a distancia seguidos por tres de presencial, no se registró una diferencia significativa en los niveles de percepción de cercanía en la relación docente-estudiante entre ambos periodos de instrucción, pero sí menores niveles de percepción de conflicto en el primer periodo con respecto al segundo (69). Las autoras del estudio atribuyen esta reducción en la percepción de conflictividad a las menores oportunidades de interacción que permite la enseñanza virtual. En tercer lugar, un estudio observacional de clases sincrónicas y asincrónicas de niveles básico y medio en Chile evidenció los diferentes patrones de interacción afectiva que ponen en práctica los y las docentes hacia sus estudiantes, y cómo estos patrones se trasladaron de la presencialidad a la virtualidad. En un extremo, quienes propiciaron una relación afectiva recurrían a un lenguaje coloquial (por ejemplo, usando emojis) en chats y mensajes de WhatsApp; buscaban o preparaban material visualmente atractivo; tomaban en cuenta los intereses, experiencias y conocimientos del estudiantado; fomentaban la participación y la colaboración; adaptaban su enseñanza a los soportes tecnológicos, y demostraban consciencia de la subjetividad del estudiante y de la materialidad de sus condiciones de vida. En el otro extremo, estaban quienes, además de no realizar ninguna de las acciones anteriores, no adaptaron la planeación de sus clases a las nuevas condiciones ni reaccionaron con flexibilidad ante situaciones imprevistas, enfocándose en cumplir los objetivos preestablecidos con la menor demora posible; desestimaron o ignoraron las expresiones de emoción y las preferencias del alumnado; privilegiaron la transmisión del contenido, y promovieron el aprendizaje superficial en lugar del profundo (70). Queda pendiente averiguar si algunos de los hallazgos descritos arriba pueden contribuir a aminorar los impactos negativos de la pandemia en la educación, como el abandono de cursos (71). Asimismo, resta explorar cómo afecta la enseñanza a distancia la capacidad de los y las docentes para modelar habilidades y actitudes, así como moldear el desempeño estudiantil, por ejemplo, a través de la retroalimentación en línea. Este tema cobra mayor relevancia aún si se acepta la premisa de que un o una docente constituye más que un modelo de destreza para sus estudiantes: es también un modelo moral y ético (72).

Finalmente, cabe preguntarse por los efectos del aislamiento físico de la telepresencialidad sobre la enseñanza, entendida esta como un constructo social en el que la interacción entre pares actúa como andamiaje del aprendizaje colaborativo. En un estudio sobre los efectos de la transición de la modalidad presencial a la en línea, realizado por los propios estudiantes en una universidad de los Países Bajos, varios hallazgos llevan a concluir que los entornos digitales pueden constituir un obstáculo importante al aprendizaje colaborativo. Los resultados de esta investigación que apuntan en esa dirección son: a) la percepción de que las conversaciones en línea resultan menos valiosas y efectivas por el cansancio que causa su uso prolongado, por lo difícil que puede llegar a ser expresar e interpretar emociones y sutilezas y por los pequeños retrasos que

interrumpen la interacción cuando la conexión a internet es lenta; b) la pérdida tanto de la motivación que brindan los y las pares como de la posibilidad de recibir retroalimentación, casual y constante, de su parte; c) la reducción en la frecuencia de las oportunidades para trabajar colaborativamente y la fragmentación del trabajo entre los y las integrantes del equipo, sin integrar las partes al final; d) la dificultad para coordinar el trabajo en común y mantenerse al tanto de los avances del resto del equipo, evitando el traslape de tareas; e) un aumento en la percepción de que los y las estudiantes se preocupan menos por los y las demás y se apoyan menos, a la par de mayores reticencias a expresar con franqueza sus ideas, y f) a diferencia del trabajo colaborativo, el trabajo individual se asoció con una menor sensación de competencia personal para cumplir con las tareas, es decir, mayor inseguridad. En suma, tanto la motivación como la productividad se vieron adversamente afectadas por la transición a la virtualidad (73).

Conclusiones

La pandemia de covid-19 ha puesto a prueba la capacidad de las instituciones de educación superior, y de los sistemas de educación en general, para adaptarse a una crisis que obstaculiza la misión esencial de la universidad moderna: enseñanza, investigación y servicio público (74). Hacer de esta institución un sistema educativo resiliente y flexible ante desafíos que se anticipan en el futuro (inestabilidad política, inequidad social, presupuestos apretados, cambio climático, etc.) requerirá, entre otras cosas, de atender puntualmente los retos técnicos, pedagógicos y disciplinares que identificó la IAU. En el caso de la ciencia forense, la enorme diversidad de disciplinas que la integran multiplica los retos que reclaman atención. Si damos crédito a las etapas que intervienen en la adopción de nuevas tecnologías digitales, según la teoría de los recursos y la apropiación (21), esta pluralidad disciplinar implica una correspondiente variedad de motivaciones entre el profesorado detrás de la adopción de, o reticencia ante, estas tecnologías; diferentes niveles de alfabetización digital que requerirán de una capacitación diferenciada; inversión en un conjunto de tecnologías que respondan a diversas necesidades de enseñanza-aprendizaje, y la implementación de una batería de mecanismos de evaluación que permitan conocer si se cumplieron los objetivos para los cuales se recurrió a las tecnologías digitales, además de si profesores y estudiantes quedaron satisfechos con los resultados cerrando un círculo virtuoso, esta información servirá de insumo para motivar un mejor uso de las tecnologías digitales y ajustar la capacitación docente.

A pesar de múltiples problemas, el alto grado de satisfacción de la población estudiantil con las innovaciones realizadas por la planta docente es, quizás, uno de los resultados más relevantes y positivos. Probablemente, cierto grado de tolerancia haya influido en lo optimista de la respuesta, conscientes

de que los y las docentes habían tenido que improvisar soluciones rápidas para continuar con la enseñanza de cara al cierre de las universidades. No obstante, es bastante claro que para el estudiantado las alternativas en línea son eso: alternativas a la enseñanza práctica de cuerpo presente. Esta percepción aboga por la conveniencia de poner en práctica medidas para suplementar la formación, trunca en cierta medida, del estudiantado afectado por la pandemia. Más adelante se dirá más al respecto. Cuando se reanude la enseñanza presencial, es de esperar, y sería deseable, que las alternativas digitales se incorporen al trabajo práctico, enriqueciéndolo para beneplácito de los y las estudiantes.

La mayoría de las adaptaciones a la pandemia descritas líneas arriba se efectuaron en países con altos índices de desarrollo socioeconómico y pertenecientes a la esfera anglosajona. Este sesgo puede condicionar la efectividad didáctica de cualquier estrategia o método que se decida aplicar, y es una invitación a documentar y poner a prueba las innovaciones en diferentes contextos para mejorarlas y adecuarlas a las necesidades y recursos particulares de cada región, institución y, en última instancia, de cada salón de clases. En su reflexión sobre la respuesta educativa a la pandemia en el Reino Unido e India, Thompson et al. (16) encontraron abundantes similitudes en las respuestas de los programas universitarios de ciencia forense de ambos países, pero también aspectos que las distinguen y que obedecen a la disponibilidad de herramientas y al contexto estudiantil. Por ejemplo, al comienzo de la pandemia, muchos estudiantes internacionales que cursaban sus estudios en el Reino Unido regresaron a sus países de origen, pero continuaron con las clases en modalidad a distancia. Para ellos y ellas, las diferencias horarias representaron un obstáculo para participar en sesiones sincrónicas. En países donde la población estudiantil es mayoritariamente local, como ocurre en India, este problema fue menos prevalente. Tampoco hay que dejar de lado que las decisiones que tomen los sistemas sanitarios de cada país determinan en buena medida el rango de acción de los sistemas educativos.

Otro sesgo para tomar en cuenta es el hecho que lo que se ha publicado hasta ahora tiende a dar cuenta de innovaciones prometedoras o que han funcionado razonablemente bien, no de aquellas que han fracasado. Las referencias encontradas son con toda seguridad apenas unas gotas de agua en el océano de las adaptaciones a la pandemia en el área de la enseñanza de las ciencias forenses. Investigar las deficiencias, además de brindar un panorama más amplio de cómo respondió el sector educativo a un episodio que pasará a la historia, abre la posibilidad de buscar soluciones y continuar ampliando la didáctica de la ciencia forense. Cuando menos a nivel institucional, conocer estos fracasos puede ser importante para apoyar pedagógica y técnicamente al profesorado y mantenerlo motivado en sus esfuerzos por innovar en beneficio de la calidad docente.

La modalidad a distancia o híbrida, en línea, abrió las puertas a una enseñanza con más opciones de interacción, más individualizada y autónoma, que permite al estudiante avanzar a su ritmo, además de más inclusiva, en

especial de quienes viven lejos de la universidad, trabajan para mantener a una familia o tienen que cuidar de otras personas. Y todavía puede aprovecharse para más, por ejemplo, desarrollando las habilidades de comunicación de futuros profesionales forenses, dándole más espacio a la comunicación escrita o a través de medios audiovisuales, y definiendo con más precisión los objetivos de aprendizaje a fin de ajustarlos a los mejores medios para alcanzarlos. Por ejemplo, el procesamiento físico de un lugar de investigación puede enfocarse en el aprendizaje de cómo prevenir su contaminación, mientras que el de uno virtual puede usarse para aprender a interpretar indicios en la construcción de una teoría del caso (16). Paradójicamente, la enseñanza a distancia puede terminar por ser benéfica para la enseñanza práctica en laboratorios y otros espacios especializados, que podrán reservarse para la enseñanza de aquellos aprendizajes que no pueden alcanzarse de otra manera, fomentando interacciones lo más significativas posibles entre el estudiantado, y entre este y sus docentes. En términos más generales, la hibridación de las modalidades a distancia y presencial puede acabar de apuntalar la transición desde una pedagogía dedicada principalmente a cubrir contenidos mediante exposiciones, hacia una enfocada en seleccionar y estructurar cuidadosamente actividades que atraigan la atención del estudiante, acompañadas por exposiciones más breves por parte del docente, menos preocupada por la calificación y más por el aprendizaje (75).

En un reporte citado por Gamage et al. (76) se exploraron los beneficios e inconvenientes pedagógicos de los laboratorios virtuales en las ciencias biológicas. El análisis del desempeño estudiantil sugería que este tipo de instrucción práctica era igual de efectiva que los laboratorios tradicionales en lo que toca a conocimiento y comprensión, además de que era compatible con un aprendizaje por indagación y no sufría de restricciones por cuestiones sanitarias, de seguridad o éticas. Su principal inconveniente yace en que le quita al estudiante la oportunidad de probar en vivo las técnicas o equipos, privándolo de la posibilidad de enfrentarse a resultados incorrectos o atípicos. Es probable, pues, que se gradúen estudiantes en desventaja con respecto a generaciones previas por carecer de las competencias para realizar trabajo en el laboratorio. Esta clase de diferencias ameritan atención por parte de docentes para, en caso de detectarlas, buscar maneras de ayudar al estudiantado a corregirlas. Otro aspecto a cuidar es el desarrollo de las así llamadas *soft skills* (trabajo en equipo, liderazgo, asertividad, pensamiento crítico, compromiso social y adaptación al cambio, entre muchas otras) que pueden desarrollarse gracias a las interacciones cara a cara que ocurren en los laboratorios y otros espacios de convivencia académica (77). Para científicos y científicas forenses encargadas de coordinar equipos de investigación, evaluar críticamente dictámenes periciales y comunicar las implicaciones de los hallazgos al sistema de justicia, estas habilidades “suaves” pueden ser más relevantes que destrezas técnicas más especializadas.

Es difícil anticipar cuál será el costo para el estudiantado de la interrupción de la enseñanza práctica en los laboratorios, pero no sería de extrañar que experimentaran deficiencias en habilidades cuyo desarrollo no es

sencillo, o siquiera posible, trasladar a una modalidad de enseñanza en línea y a distancia. A partir del análisis de lineamientos para la enseñanza de la biología y la química en EEUU, Sonbuchner et al. (78) clasificaron las habilidades que establecen en tres tipos: a) las que pueden desarrollarse a distancia sin menoscabo; b) las que no es posible sin disponer de materiales de apoyo, como kits a casa, y c) las que sí requieren trabajarse en el laboratorio. Estas últimas son las que con toda seguridad no se han desarrollado lo suficiente, o ni siquiera se hayan podido enseñar a causa de la pandemia. Entre estas, los y las autoras identifican el manejo y desecho de materiales y reactivos; la medición de algunas magnitudes físicoquímicas (concentración, presión, absorbancia) y la selección del equipo adecuado para medirlas; el cumplimiento de medidas de seguridad y uso de equipo de protección personal, y la realización de técnicas específicas de estas disciplinas, tales como manejo estéril de muestras, titulaciones redox y ácido-base, disección de especímenes y tinción de muestras para microscopía, entre otras. Para compensar estas deficiencias, proponen tres alternativas: a) un boot camp (curso intensivo de entrenamiento básico) con sesiones calendarizadas una o dos semanas antes de iniciar un semestre; b) clubes de ciencia organizados en las horas libres para acudir al laboratorio, y c) cursos de triaje durante el semestre enfocados en adquirir específicamente aquellas habilidades prioritarias para continuar con cursos más avanzados. Un ejercicio semejante en el campo de la ciencia forense podría ayudar a esclarecer cuáles son esas habilidades por las que valdría la pena aplicar alguna de estas propuestas. Una enseñanza lo más flexible posible, como aquella de la que han sido pioneras las universidades abiertas, parece ser una alternativa viable para cerrar las brechas que pudiera haber provocado la interrupción de la trayectoria académica de quienes han pasado casi dos años estudiando en casa (79).

Dedicar la enseñanza en los laboratorios exclusivamente al desarrollo de esas habilidades que son imprescindibles para futuros profesionales forenses puede resultar en un uso más racional y eficiente de los recursos que se invierten en estos espacios, inversión que ha sido cuestionada por la falta de evidencia robusta sobre sus prometidos beneficios educativos (80,81). En el campo forense, las restricciones debidas a la pandemia han llevado a examinar el currículo para discriminar entre los objetivos susceptibles de llevarse a una modalidad en línea y aquellos que no: en sus clases en línea, Elkins y Zeller (23) centraron su atención en la comprensión de casos, la lógica de la metodología de la puesta a prueba de hipótesis, la toma de decisiones, el análisis de resultados y la preparación de reportes; algunas de estas habilidades fueron identificadas también por Sonbuchner y sus colegas (78) como susceptibles de desarrollarse a través de la enseñanza a distancia y en línea. Evaluar la coherencia entre los objetivos de aprendizaje, las actividades realizadas en el laboratorio y los resultados de la enseñanza puede llevar a comprender con mayor precisión cuáles son las habilidades que requiere un o una científica forense para desempeñarse satisfactoriamente a nivel profesional y, por ende, a afinar el perfil que se busca formar (82).

La creatividad y versatilidad demostradas por la comunidad académica forense son muestra de que la pandemia, además de una crisis, ha representado una oportunidad para innovar la práctica docente y reflexionar sobre ella. Una conclusión repetida en las referencias recopiladas es que, además de permitir lidiar con los repentinos obstáculos impuestos por la contingencia sanitaria, las medidas adoptadas constituyen aportaciones que vale la pena conservar cuando eventualmente se supere la pandemia de covid-19 (29). Resta entonces establecer mecanismos para conservar, compartir, consolidar y mejorar los productos de esta racha de innovación y reflexión, por más forzada que haya sido.

La comunicación pública de lo forense y la extensión académica son temas pendientes de la investigación en didáctica de la ciencia forense, en particular en tiempos de pandemia. Una colaboración entre el programa KIOSC (*Knox Innovation Opportunity & Sustainability Centre*), la Universidad Swinburne de Tecnología y el gobierno australiano organizó talleres vocacionales en línea dirigidos a estudiantes de entre 14 y 15 años, quienes participaron en una actividad en la que tenían que descubrir al responsable del robo de una vacuna contra el covid-19, sustraída de un laboratorio de biotecnología ficticio. A través de charlas con un experto sobre la importancia clave de la observación para resolver delitos y de asumir el rol de un investigador que realiza una batería de pruebas forenses, procesa entrevistas con sospechosos y desarrolla líneas de tiempo, los y las participantes terminaron por proponer los medios y motivos detrás del robo (83).

Además de sus efectos en la educación, la pandemia, inevitablemente, ha afectado el quehacer profesional de los y las científicas forenses. En una comunicación breve, Roux y Weyermann (84) concluyeron que, en el caso de la ciencia forense, resultará más productivo diseñar estructuras y organizaciones flexibles que concentrarse demasiado en evitar el riesgo. La mejor garantía para responder a retos, actuales y futuros, particularmente en un entorno crecientemente digital, sigue siendo una sólida aproximación científica, que incluya el pensamiento crítico y las colaboraciones interdisciplinarias, junto con procedimientos bien establecidos. Cómo puede la enseñanza de la ciencia forense contribuir a la generación de este tipo de estructuras y organizaciones flexibles es un tema que amerita reflexión desde la universidad, con trascendencia sobre aspectos como los modelos pedagógicos, planes y programas de estudio y perfiles profesiográficos, entre muchos otros.

Otro tema que se ha tocado poco es el estrés ocupacional y el bienestar del personal forense, en especial en el contexto de la pandemia. Al discutir las implicaciones de su estudio, Goldstein y Alesbury (85) apuntan que, tras 500,000 muertes registradas en los EEUU a causa del covid-19 o sus complicaciones, es de vital importancia investigar y atender el impacto de esta cifra en el personal forense, en particular, en quienes trabajan en los servicios médico-forenses. Aunque, por su temporalidad, su investigación no pudo indagar en aspectos relacionados con la pandemia, advierten que el Comité de Bienestar del Servicio Forense (*Office of Chief Medical Examiner*) de la ciudad de Nueva York se

encuentra recabando información longitudinal, cualitativa y cuantitativa, sobre el impacto del Sars-Cov-2 en la salud de sus empleados, así como sobre los posibles beneficios del ejercicio físico, la meditación, la terapia con perros y los programas educativos y comunitarios como reductores del estrés y del burnout. Aún antes de la pandemia, el bienestar físico y mental de futuros y actuales forenses es un tema que merece más atención por parte de la academia.

Así como los síndromes respiratorios agudos SARS y MERS anunciaron la posibilidad de una pandemia en un futuro no muy lejano (86,87), la sacudida educativa por la que estamos atravesando cristalizó inquietudes que ya se habían identificado años atrás e, incluso, planteado en la prensa: en 2014, Gabriel Zaid (88) escribió en el periódico mexicano Reforma que era necesario

Separar las materias que requieren laboratorios, talleres, hospitales o la presencia física de un maestro de las que pueden enseñarse a distancia. Los costos de la presencia mutua (desplazarse para coincidir en un lugar y momento) son elevadísimos, y solo se justifican para algunas materias. Las demás deben impartirse de otra manera. [...] No ver la educación como una etapa previa a los años de trabajo, sino paralela y de toda la vida. Flexibilizar contenidos y calendarios en los planes de estudio para combinar educación y trabajo. Entrenar para el autodidactismo.

Entender la educación como un proceso que se prolongará por el resto de la vida y, por consiguiente, preparar al estudiantado para aprender a aprender por su cuenta puede contribuir a superar la lógica del déficit que se asocia a la enseñanza en línea, señalada por Jessop (75) y según la cual se tiende a menospreciar a este tipo de instrucción comparándola desfavorablemente con las clases presenciales. Una enseñanza en línea flexible y que se extienda más allá de los cuatro años contemplados para concluir el programa de una licenciatura puede hacer mucho por remediar las deficiencias que pudieran existir en la formación de los y las científicas forenses. Y puede hacer mucho por impulsar una educación más inclusiva, efectiva y sustentable.

Más allá de los cambios que pudiera sufrir, o de nuevos retos que tenga que enfrentar, la desaparición de la enseñanza práctica, tal como la conocemos, en laboratorios, talleres, “escenas del crimen” y cualquier otro espacio diseñado para adiestrar al estudiantado es una posibilidad remota. Existe una fuerte convicción entre la comunidad docente, en particular la dedicada a la enseñanza de las ciencias, de que este tipo de enseñanza es parte crucial de lo que significa aprender ciencia, ya sea con fines de alfabetización científica o como propedéutica para quienes ingresarán a alguna carrera científica: los enormes esfuerzos por adaptar la labor docente a las condiciones que impuso la pandemia dan fe de la fuerza de esta convicción. Mientras existan experiencias de aprendizaje que no puedan replicarse virtualmente, la inversión en laboratorios de enseñanza gozará de justificación. Como lo expresó una profesora de ciencia, “Me metí

a este negocio de la enseñanza para conectar con los y las estudiantes y sé que (la enseñanza a través de la experiencia) es la mejor manera de ayudarlos a aprender” (89).

Agradecimientos

Agradecemos al prestador de servicio social Christopher David Bautista Valverde su participación en la síntesis de los primeros artículos encontrados. Damos las gracias, asimismo, a Pamela Monserrat Pichardo Martínez y a Ivonne Lisete Ruiz Peralta, estudiantes de la Licenciatura en Ciencia Forense, por su apoyo con la verificación del contenido de los índices de las revistas empleadas para preparar este artículo. Ambas recibieron sendas becas para la conclusión de sus estudios de licenciatura, otorgadas por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) de la UNAM, a través del proyecto PAPIME PE301421: gracias también.

Bibliografía

1. Perkin H. History of universities. En: Forest JFF, Altbach PG, editores. *International Handbook of Higher Education*. Dordrecht (NL): Springer; 2007. p. 159-205.
2. Altbach PG. The past, present, and future of the research university. En: Altbach PG, Salmi, J, editores. *The Road to Academic Excellence: The Making of World-Class Research Universities*. Washington, D.C. (US): The World Bank; 2011. p. 11-32.
3. Marioni G, van't Land H, Jensen T. The Impact of COVID-19 on Higher Education around the World: IAU Global Survey Report. París (FR): International Association of Universities; 2020. 49 p.
4. Yonemura A, Nguni MM, Zhou H, Li S, Saunier JC, Abderrahman D. COVID-19: Reopening and Reimagining Universities, Survey on Higher Education through the UNESCO National Commissions. París (FR): Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO); 2021. 36 p.
5. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) (FR). New UNESCO global survey reveals impact of COVID-19 on higher education. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization; 2021 Jul 15.
6. Else H. How a torrent of COVID science changed research publishing – in seven charts. *Nature*. 2020 Dic 16; 588: 553.
7. Torres-Salinas D. Ritmo de crecimiento diario de la producción científica sobre Covid-19. *Análisis en bases de datos y repositorios en acceso abierto. Prof Inform.* 2020; 29(2): e290215.
8. Pokhrel S, Chhetri R. A literature review on impact of COVID-19 pandemic on teaching and learning. *High Educ Future*. 2021 Ene 19; 8(1): 133-41.
9. Sá MJ, Serpa S. The COVID-19 pandemic as an opportunity to foster the sustainable development of teaching in higher education. *Sustainability*. 2020 Oct 15; 12(20): 8525.
10. Illes M, Wilson P, Bruce C. Forensic epistemology: a need for research and pedagogy. *Forensic Sci Int: Synerg*. 2020; 2: 51-9.
11. Garnett BL, Gardner BO, Murphy E, Grimes P. Judges and forensic science education: a national survey. *Forensic Sci Int*. 2021 Abr; 321: 110714.
12. Shukla RK. A new systematic approach of teaching and learning of forensic science for interdisciplinary students: a step toward renovating the forensic education system. *Forensic Sci Int: Synerg*. 2021; 3:100146.
13. Cattaneo C. Forensic medicine in the time of COVID 19: an editorial from Milano, Italy. *Forensic Sci Int*. 2020 Jul; 312: 110308.
14. InnoGenomics. Forensic science in the time of COVID-19: continuing education and conferences. *InnoGenomics*; 2020 Ago 12.
15. Kochis N. How COVID has transformed the landscape of forensic science education. *J Forensic Sci Educ*. 2020 Dic 4; 2(2).
16. Thompson TJ, Earwaker H, Horsman G, Nakhaeizadeh S. Forensic undergraduate education during and after the COVID-19 imposed lockdown: strategies and reflections from India and the UK. *Forensic Sci Int*. 2020; 316: 110500.
17. Brundage A, Elkins KM, Quarino L. Scholarship in times of crisis. *J Forensic Sci Educ*. 2020 Dic 4; 2(2).
18. Robertson J, Roux C. The forensic scientist of the future – are universities prepared? *Aust J Forensic Sci*. 2018 Jun 1; 50(4): 305-6.
19. Roux, C, Bucht R, Crispino F, De Forest P, Lennard C, Margot P, et al. The Sydney Declaration – revisiting the essence of forensic science through its fundamental principles. *Forensic Sci Int. De próxima aparición* 2022 Ene 11; 111182.
20. Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México. Plan de Estudios de la Licenciatura en Ciencia Forense. Vol. 1. México D.F. (MX): Universidad Nacional Autónoma de México; 2013. 100 p.
21. van Dijk JAGM. Closing the digital divide: the role of digital technologies in social development, well-being of all and approach of the Covid-19 pandemic. En: Virtual Expert Group UN Meeting on “Socially Just Transition towards Sustainable Development: The Role of Digital Technologies in Social Development and Well-Being for All”; 2020 Ago 4-7; Nueva York (US). United Nations; 2020.
22. Brunelli E, Macirella R. Exploring the critical points of teaching STEM subjects in the time of COVID 19: the experience of the course “Microscopy Techniques for Forensic Biology”. *F1000Res*. 2021 Feb 10; 10: 89.
23. Elkins KM, Zeller CB. Approaches for teaching forensic body fluids analysis for remote learning. *J Forensic Sci Educ*. 2021 May 28; 3(1).
24. Händel M, Stephan M, Gläser-Zikuda M, Kopp B, Bedenlier S, Ziegler A. Digital readiness and its effects on higher education students’ socio-emotional perceptions in the context of the COVID-19 pandemic. *J Research Technol Educ*. 2020 Nov 30.
25. Sosa Reyes AM, Romo-Guadarrama G, García Castillo Z, López Zepeda JL, Farfán Sánchez R, Suzuri Hernández LJ. Perfil del estudiantado de la Licenciatura en Ciencia Forense, del ingreso a la titulación. De próxima aparición.
26. Shim TE, Lee SY. College students’ experience of emergency remote teaching due to COVID-19. *Child Youth Serv Review*. 2020 Dic; (119):195578. doi: 10.1016/j.childyouth.2020.105578
27. LaRosa J, Doran C, Gurth A, Varshney K, Anaele B, Davis K, et al. Life during COVID-19: the student experience. *Pedagogy Health Promot*. 2021 Jun 02; 1-8.
28. Birmingham WC, Wadsworth LL, Lassetter JH, Graff TC, Lauren E, Hung M. COVID-19 lockdown: impact on college students’ lives. *J Am Coll Health*. 2021 Jul 22; 1-15.
29. Intrabartola L. The evidence is in: there are benefits to teaching forensic science virtually. *Rutgers Today* (US); 2020 Oct 20.
30. Lim CL, Raman VK, Gunasekaram J, Bagali PG. Virtual reality CSI – examining crime scenes in cyberspace. *South-East Asian J Med Educ*. 2021 Jul 6; 15:48.
31. Toudert D. Teoría del recurso y la apropiación: una acercamiento empírico a partir de las etapas del modelo de acceso digital en México. *Acta univ*. 2016 Ago; 26(4): 79-90.
32. Akçayır G, Akçayır M. The flipped classroom: a review of its advantages and challenges. *Comput Educ*. 2018; 126: 334-45.
33. Londino-Smolar G. Remotely teaching a large enrollment introduction to forensic science course. *J Forensic Sci Educ*. 2020 Dic 4; 2(2).
34. Tran CJ, Lamar MF. Fostering small group discussion in an online instrumental analysis course using Google Docs. *J Forensic Sci Educ*. 2020 Dic 4; 2(2).
35. Cannon CC, Greenspoon SA, Simmons T. Crafting an effective virtual classroom in the COVID-19. *J Forensic Sci Educ*. 2021 Abr 12; 2(2).
36. Nilson LB, Goodson LA. *Online Teaching At Its Best: Merging Instructional Design with Teaching and Learning Research*. San Francisco (US): Jossey-Bass; 2018. 264 p.
37. Jones S, Thrasher RR, Miller BB, Hess JD, Wagner J. A review of existing forensic laboratory education research and needs assessment. *J Forensic Sci Educ*. 2021 May 28; 3(1).
38. Kader SN, Ng WB, Tan SW, Fung FM. Building an interactive immersive virtual reality crime scene for future chemists to learn forensic science chemistry. *J Chem Educ*. 2020; 97(9): 2651-6.
39. De la Peña N. *One dark night [archivo de video RV 360°]*. De la Peña N, directora. Los Angeles (US): Emblematic Group; 2015.
40. Ebert LC, Nguyen TT, Braun M, Thali MJ, Ross S. The forensic holodeck: an immersive display for forensic crime scene reconstructions. *Forensic Sci Med Pathol*. 2014; 10(4): 623-6.
41. Díaz Gandasegui V. Entornos virtuales para el desarrollo de la educación inclusiva: una mirada hacia el futuro desde el pasado de Second Life. *RELATEC*. 2013; 12(2): 67-77.

42. Escudero C, Monterroso E, Landeta A. Udimá. INNOVALab: simulación de un juicio en el campus virtual de Second Life. RELADA. 2010; 4(2): 122-6.
43. Monterroso Casado E, Escutia Romero R. Educación inmersiva: enseñanza práctica del derecho en 3D. ICONO14. 2011; 9(2): 84-100.
44. Martín Ramallal P, Merchán Murillo A. Realidad virtual en la recreación de escenas de crimen como complemento formativo en los estudios de derecho criminalístico (en tiempos de Covid-19). Un estado del arte. En: Rodríguez-Garay GO, Álvarez-Chávez MP, Husted Ramos S, editores. Comunicación, educación y juventud: nuevas formas de aprender y enseñar en la era digital. Sevilla (ES): Ediciones Egregius; 2020. p. 99-124.
45. Mayne R, Green H. Virtual reality for teaching and learning in crime scene investigation. Sci Justice. 2020; 60(5): 466-72.
46. Hassenfeldt C, Jacques J, Baggili I. Exploring the learning efficacy of digital forensics concepts and bagging & tagging of digital devices in immersive virtual reality. Forensic Sci Int: Digit Investig. 2020 Jul; 33 Suppl: 301011.
47. Londino-Smolar G. Let's solve it: designing an interactive online forensic science lab. J High Educ Theory Pract. 2021; 21(2): 73-88.
48. Bassindale TA, LeSuer R, Smith DP. Perceptions of a program approach to virtual laboratory provision for analytical and bionalytical sciences. J Forensic Sci Educ. 2021 May 28; 3(1).
49. Potkonjak V, Gardner M, Callaghan V, Mattila P, Guel C, Petrović VM, et al. Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: a review. Comput Educ. 2016; 95: 309-27.
50. Nadler R. Understanding "Zoom fatigue": theorizing spatial dynamics as third skins in computer-mediated communication. Comput Compos. 2020; 58: 10263.
51. Tidy H, Parker I. A break from the Zoom – using a students home environment to teach forensic science interpretation during the Covid-19 pandemic. J Forensic Sci Educ. 2021 May 28; 3(1).
52. Chmiel R. Cyber forensics students experience innovative virtual immersion. University of New Haven (US) – The Charger Blog; 2020 Oct 6.
53. Knivsberg IC, Kopperud SE, Bjørk M-B, Torgersen G, Skramstad K, Kvaal SI. Digitalised exercise material in forensic odontology. Int J Leg Med. 2021 Nov 20.
54. Jones RM. Online teaching of forensic medicine and pathology during the COVID-19 pandemic: a course evaluation. J Forensic Leg Med. 2021 Oct; 83: 102229.
55. Tóth D, Petrus K, Heckmann V, Simon G, Poór VS. Application of photogrammetry in forensic pathology education of medical students in response to COVID-19. J Forensic Sci. 2021; 66(4): 1533-7.
56. Baranski J, Davalos-Romero K, Blum M, Burke N, Foster A, Hall A. FauxDIS: a searchable forensic DNA database to support experiential learning. J Forensic Sci Educ. 2020 Jun 2; 2(1).
57. Jones K. Cómo el crimen organizado se sirve de drones para sus actividades. InSight Crime; 2020 Sep 29.
58. Swales V. Drones used in crime fly under the law's radar. The New York Times. 2019 Nov 3.
59. Miller C. Teaching digital forensics during a pandemic: present and future strategies. Forensic Focus; 2020 Nov 12.
60. The University of Newcastle (AU). Teaching criminology through COVID-19, and the future of learning in a post-pandemic world. The University of Newcastle (AU); 2020 Jun 16.
61. Derflinger B, Niedermier J, Misquita D. Use of telepsychiatry to increase resident exposure to forensic psychiatry during COVID-19. Acad Psychiatry. 2021 Abr 20; 45(5): 662-3.
62. Chohan BS, Kreuter RA, Sykes DG. Construction and characterization of an inexpensive electrostatic lifter. J Forensic Sci Educ. 2020 Nov 25; 2(1).
63. Curry College (US). Acting as forensic scientists, students gain hands-on experience in mock crime scene on campus. Curry College | News & Events; 2021.
64. Jones RM. Online teaching of forensic medicine and pathology during the COVID-19 pandemic: a course evaluation. J Forensic Leg Med. 2021; 83:102229.
65. Sheelavant S. Google Classroom – an effective tool for online teaching and learning in this COVID era. Indian J Forensic Med Toxicol. 2020 Oct-Dic; 14(4): 494-500. Lohi RR, Dhahikar N, Ambad R, Chandhi DH. Online teaching in the time of Covid 19 – effectiveness and challenges. Indian J Forensic Med Toxicol. 2020 Oct-Dic; 14(4): 6841-4.
66. Fernández-García P, Vallejo-Seco G, Livacic-Rojas PE, Tuero-Herrero E. Validez estructurada para una investigación cuasi-experimentalde calidad. Se cumplen 50 años de la presentación en sociedad de los diseños cuasi-experimentales. An Psicol. 2014; 30(2): 756-71.
67. Heng ZS-L, Koh DW-S, Yeo JY, Ooi C-P, Gan SK-E. Effects of different delivery modes on teaching biomedical science practical skills in higher education during the 2021 pandemic measures. Biochem Mol Biol Educ. 2022;50(4): 403-13.
68. Sun H-L, Sun T, Sha F-Y, Gu X-Y, Hou X-R, Zhu F-Y, Fang P-T. The influence of teacher-student interaction on the effects of online learning: based on a serial mediating model. Front Psychol. 2022; 13: 779217.
69. Vagos P, Carvalhais L. Online versus classroom teaching: impact on teacher and student relationship quality and quality of life. Front Psychol. 2022;13: 828774.
70. Barramuño Pérez P, Salvo de Oliveira B, Yañez Orellana V. La relación entre educador-educando en el contexto de la virtualidad educativa COVID-19: afectos y prácticas pedagógicas desde una perspectiva feminista. Rev Educ Américas. 2020; 10(2).
71. Bird KA, Castleman BL, Lohner G. Negative impacts from the shift to online learning during the COVID-19 crisis: evidence from a statewide community college system (EdWorkingPaper: 20-299) . Providence, RI (US): Annenberg Institute, Brown University; 2022. 59 p.
72. Lumpkin, A. Teachers as role models teaching character and moral virtues. J Phys Educ Recreat Dance. 2008; 79(2): 45-50.
73. Kalmar E, Aarts T, Bosman E, Ford C, de Kluijver L, Beets J, Veldkamp L, Timmers P, Besseling D, Koopman J, Fan C, Berrevoets E, Trotsenburg M, Maton L, van Remundt J, Sari E, Omar L-W, Beinema E, Winkel R, van der Sanden M. The COVID-19 paradox of online collaborative education: when you cannot physically meet, you need more social interactions. Heliyon. 2022; 8(1): e08823.
74. Scott JC. The mission of the university: medieval to postmodern transformations. J High Educ. 2006 Nov 1; 77(1): 1-39.
75. Jessop T. Let's lose the deficit language about online education. WONKHE. 2020 Jun 3.
76. Gamage KAA, Wijesuriya DI, Ekanayake SY, Rennie AEW, Lambert CG, Gunawardhana N. Online delivery of teaching and laboratory practices: continuity of university programmes during COVID-19 pandemic. Educ Sci. 2020 Oct 19; 10(291).
77. Heckman JJ, Kautz T. Hard evidence on soft skills. Labour Econ. 2012 Ago; 19(4): 451-64.
78. Sonbuchner TM, Mundorff EC, Lee J, Wei S, Novick PA. Triage and recovery of STEM laboratory skills. J Microbiol Biol Educ; 2021 Mar; 22(2): ev2211.2565.
79. Daniel SJ. Education and the COVID-19 pandemic. Prospects. 2020 Abr 20; 49: 91-6.
80. Arnaud CH. Questioning the value of general chemistry labs. Chemical and Engineering News; 2020 May 10.
81. Bretz SL. Evidence for the importance of laboratory courses. J Chem Ed. 2019 Feb 12; 96(2): 193-5.
82. Suzuri Hernández LJ, Espinosa Escobar LA, Sosa Reyes AM, López Zepeda JL, Villavicencio Queijeiro A. Covid-19 school disruptions as drivers of curriculum change in the forensic science organic chemistry laboratory. Educ Química. 2020; 31(5): 3-14.
83. Knox Innovation Opportunity & Sustainability Centre (AU). Online – forensic science: crack the COVID case. KIOSC; 2019.
84. Roux C, Weyermann C. Can forensic science learn from the Covid-19 crisis? Forensic Sci Int. 2020 Nov; 316: 110503.
85. Goldstein JZ, Alesbury HS. Self-reported levels of occupational stress and wellness in forensic practitioners: implications for the education and training of the forensic workforce. J Forensic Sci. 2020; 66: 1307-15.
86. Gilbert GL. Commentary: SARS, MERS, COVID-19 – new threats, old lessons. Int J Epidemiol. 2020; 49(3): 726-8.

87. Perlman S. Another decade, another coronavirus. *N Engl J Med.* 2020 Ene 24; 282(8): 760-762.
88. Zaid G. Futuro de la universidad. *Reforma.* 2014 Sep 28.
89. Maynard M. What's right with schools: forensic science teacher in Woodstock making experiential learning work for COVID times. *News 8;* 2021 Ene 5.

Nota al pie

¹Una breve aclaración sobre la terminología empleada: existe una enorme variedad de ciencias, disciplinas o especializaciones forenses, tales como la medicina legal o forense, la genética forense, la dactiloscopia, la antropología forense, la toxicología, la balística, la criminología y un larguísimo etcétera. Cada una puede ser requerida por separado por los sistemas de justicia para resolver alguna controversia. No obstante, existen faltas o delitos que, por su complejidad, no pueden esclarecerse recurriendo solamente a una de estas ciencias, requiriéndose entonces del concurso de varias: cuando este es el caso, hablamos de una ciencia forense que trasciende a las disciplinas que la integran. Bajo esta concepción, la criminalística formaría parte de la ciencia forense. A menos que se indique lo contrario, el uso del singular —“ciencia forense”— remitirá a aquellas investigaciones científicas que reúnen a dos o más disciplinas forenses.