Educación Química (2017) **28**, 238–245

educación Química

www.educacionquimica.info

DIDÁCTICA

Del laboratorio al juzgado. Enseñanza de las ciencias para el ejercicio forense

Ana María Sosa Reyes

Licenciatura en Ciencia Forense, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México

Recibido el 28 de julio de 2017; aceptado el 21 de septiembre de 2017
Disponible en Internet el 14 de noviembre de 2017

PALABRAS CLAVE
Ciencia forense;
Enseñanza en contexto;
Aprendizaje basado en problemas;
Ciencia, Tecnología y Sociedad

Resumen La formación de profesionales con un perfil interdisciplinario como el del científico forense es un reto educativo que implica repensar los principios didácticos de disciplinas científicas con una identidad más claramente definida, como es el caso de la química. La construcción de un modelo de enseñanza *ad hoc* que incluya estrategias didácticas diseñadas para el contexto forense es, pues, tarea indispensable. En este trabajo se describe el diseño, la puesta en práctica y los resultados del Taller interdisciplinario para la resolución de casos forenses, una estrategia de enseñanza basada en la resolución de problemas que busca contribuir a la formación de científicos forenses y que, además, es botón de muestra del potencial que el tema forense tiene como un contexto propicio para la enseñanza de las ciencias.
© 2017 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

KEYWORDS
Forensic science;
Teaching in context;
Problem based learning;
Science, Technology and Society

From the laboratory to the court: Teaching science to forensic science students

Abstract Training professionals with an interdisciplinary profile such as forensic scientist is an educational challenge which involves rethinking didactic principles from more clearly defined scientific disciplines, such as chemistry. Thus, constructing an ad hoc teaching model that includes didactic strategies specifically designed for the forensic sciences is an indispensable task. This paper describes the design, implementation and results from the Interdisciplinary Workshop for the Resolution of Forensic Cases, a problem-based teaching strategy that seeks to contribute to the training of forensic scientists; furthermore, this example highlights the potential for teaching sciences in context that the field of forensic sciences presents.
© 2017 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Correo electrónico: anasosa@cienciaforense.facmed.unam.mx

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad Nacional Autónoma de México.

http://dx.doi.org/10.1016/j.eq.2017.09.001
0187-893X/© 2017 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Introducción

Hace 4 años la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) creó la primera Licenciatura en Ciencia Forense (LCF) en el país. Actualmente, al menos otras 5 universidades mexicanas han hecho lo propio con programas de pregrado similares, o planean hacerlo en breve. La formación de egresados con un perfil interdisciplinario e inédito en México constituye un reto educativo complejo. Por lo anterior, para estas instituciones, incluida la UNAM, es indispensable diseñar estrategias adecuadas para emprender la enseñanza de la ciencia forense. En aras de perfilar la problemática que esto supone, el presente documento describe, primero, algunas particularidades educativas del área, da cuenta del potencial que tiene el ámbito forense como un contexto al amparo del cual llevar a cabo la enseñanza de las ciencias y concluye presentando el proceso de diseño e implementación de una de las estrategias didácticas de corte netamente forense que se ha puesto en práctica en la LCF de la UNAM, poniendo especial atención en algunos de los resultados que ha arrojado. El propósito de compartir los pormenores de esta experiencia es contribuir en la búsqueda de un modelo educativo, y en particular de las estrategias más adecuadas, para la formación de los científicos forenses que requiere la sociedad.

Antecedentes

El contexto forense

La relevancia de la ciencia en la impartición de justicia a nivel global ha ido en aumento de manera proporcional a la posibilidad de obtener información cada vez más confiable a partir de los indicios recogidos en un lugar de los hechos. La forma de esclarecer los delitos y, en consecuencia, la operación de los sistemas de justicia mismos se han visto modificadas de manera sustancial gracias a los avances teóricos y técnicos de la ciencia forense. Por otra parte, el interés popular por el tema se ha incrementado por programas televisivos como CSI (Bergslien, 2006; McManus, 2010). El éxito de rating de las series de televisión con temas forenses parece obedecer a la complejidad de los casos que se investigan, así como a la imagen distorsionada de la ciencia que presentan: sin límites materiales y capaz de responder prácticamente cualquier interrogante. Aunque esta imagen sobre el quehacer forense exagera sus alcances, resalta 2 de sus principales características: la complejidad de los casos de que se ocupa, únicos e irrepetibles, y la frecuente participación de varios especialistas en su esclarecimiento. La diversidad del tema forense es casi infinita: hechos de tránsito, delitos ambientales, falsificación de documentos y obras de arte, accidentes o ataques nucleares, identificación de personas, restos y residuos, delitos fiscales y contables, prácticas de tortura, etc. Como consecuencia de esta variedad, las investigaciones forenses involucran una gran diversidad de áreas: la antropología para estimar la edad, el sexo y la afinidad biológica de restos humanos; la entomología para determinar el intervalo post mortem a partir de la etapa de desarrollo de la fauna de insectos y artrópodos involucrada en el proceso de descomposición cadavérica; la odontología para confrontar la marca de una mordedura con la dentadura de un sospechoso o identificar a un cadáver por los registros dentales, y, por supuesto, de manera destacada, la química y la toxicología para detectar y cuantificar sustancias controladas, tintas, fluidos biológicos y agentes contaminantes, entre otras.

Las posibilidades que ofrece la ciencia para analizar evidencias, y por ende su potencial para contribuir a la mejor impartición de la justicia, son auténticas. Sin embargo, en la realidad de los tribunales no es suficiente con que se utilice un lenguaje técnico y se aluda a los métodos analíticos: es menester, por un lado, que los especialistas sustenten sus declaraciones en la descripción pormenorizada de los métodos utilizados y la metodología que los apuntala, así como en el análisis estadístico aplicado en cada caso; por el otro, que el alcance de cada técnica sea cuestionado y que comisiones federales establezcan estándares técnicos nacionales. Es necesario además contar con profesionales que conozcan el sistema de justicia y que comprendan la metodología de la ciencia al grado de ser capaces de explicar, con fundamentos, los alcances y las limitaciones de las técnicas utilizadas en el análisis de las evidencias a jueces, abogados y políticos (Whyte, 2017; Hsu, 2017).

La Licenciatura en Ciencia Forense de la Universidad Nacional Autónoma de México

En México el sistema de impartición de justicia transita desde el 2008 hacia un sistema acusatorio, caracterizado por la fase de juicio oral «en donde ya no es el testimonio del perito lo que importa, sino la validez y la confiabilidad de sus resultados, así como las inferencias que permitan argumentar a favor o en contra de la teoría del caso» (García Castillo y Bravo Gómez, 2017). En este contexto, en agosto del 2013, la UNAM creó la LCF con el fin de formar profesionistas capaces de coordinar la investigación de un hecho delictuoso a través del estudio científico del material sensible significativo. Se espera, pues, que los egresados sean capaces de «analizar, discernir y disentir en el estudio del lugar de los hechos, la víctima, el victimario, el contexto del hecho y los factores psicosociales relevantes al mismo» (Facultad de Medicina, 2014).

El modelo educativo de esta licenciatura se basa en el desarrollo de competencias y, acorde con esto, el perfil de egreso contempla nueve competencias que caracterizarán a los egresados, quienes habrán de

- recabar el material sensible significativo;
- actuar con bases científicas y ejercitar el pensamiento crítico;
- procesar y custodiar indicios hallados en la escena de los hechos;
- elaborar protocolos de análisis;
- verificar la calidad de los peritajes;
- integrar la información y emitir dictámenes;
- trabajar en equipo y ejercer un liderazgo eficaz;
- comportarse profesionalmente, con sustento jurídico, y
- actuar con profesionalismo y ética.

Por la naturaleza de los problemas que tendrá que resolver el egresado, el plan de estudios se distingue por su carácter interdisciplinario, con asignaturas del área del

derecho, de la psicología, de la criminalística y, preponderantemente, el área científica (fig. 1).

La implementación de este currículo ha sido un reto, entre otras cosas porque, a pesar del cuidado que se puso en el diseño curricular, se carece de un referente claro y explícito del tipo de egresados que se pretende formar; hay poco publicado sobre investigación educativa en el ámbito de la ciencia forense que guíe en la confección de un modelo educativo basado en competencias (Makin 2016; Bonfigli, Cantín-López y Fonseca 2010; Almirall y Furton, 2003). Y la planta docente está formada por profesores especialistas en cada una de las áreas con poca experiencia, no obstante, en la formación de egresados con un perfil interdisciplinario. Por lo anterior, hace falta construir una identidad educativa propia, interdisciplinaria y centrada en el tema forense; determinar, de forma colegiada, cuáles son los contenidos fundamentales para formar a un científico forense y finalmente generar estrategias para que los estudiantes encuentren relación entre las diferentes asignaturas y las apliquen en la resolución de casos. Es indispensable, además, promover actividades en las que, como señala Beane (1995), el conocimiento sea requerido en el contexto de problemas concretos para que los estudiantes puedan ampliar y profundizar su comprensión sobre el mundo y sobre sí mismos y, en este caso, de la realidad forense. Sería deseable que, como plantean Talanquer y Pollard (2010) para el caso específico de la química, la enseñanza de la ciencia forense estuviera centrada más en transmitir una forma de pensar, que en enseñar el conjunto de conocimientos que en un momento dado se consideran los más importantes de cada disciplina.

El plan de estudios de la LCF se encuentra en su primera versión; algunas asignaturas solamente se han impartido una vez y el análisis de la consecución de los resultados de aprendizaje es incipiente. El seguimiento de los egresados, la formación de profesores y el trabajo colegiado, apoyado en los resultados de la investigación educativa, tendrán que ser la base para la maduración de esta nueva carrera.

La enseñanza de las ciencias y de la química en el contexto forense

Resulta curioso que el interés creciente por el tema de la ciencia forense coincida con una apatía general del alumnado preuniversitario por el estudio de las ciencias en general y de la química en particular, problemas que han sido reportados desde hace ya varios años por Guerra, Alvarado, Zenteno y Garritz (2008), Osborne, Simon y Collins (2003) y Solbes, Montserrat y Furió (2007), entre otros. Dichos autores atribuyen este desinterés a la descontextualización del conocimiento científico en la enseñanza tradicional, entre otras causas. Es así que, para despertar el interés de los alumnos y en algo revertir la apatía antes mencionada, el tema forense constituye un contexto idóneo para la enseñanza de las ciencias y de forma destacada para la enseñanza de la química. Que además puede aplicarse en cualquier nivel educativo, particularmente bajo un enfoque CTS (ciencia, tecnología y sociedad), que de acuerdo con Aikenhead (1994) se centra en algún aspecto social relacionado con la ciencia y la tecnología, tal como la ciencia forense. En ella se abordan casos atractivos que pueden ser

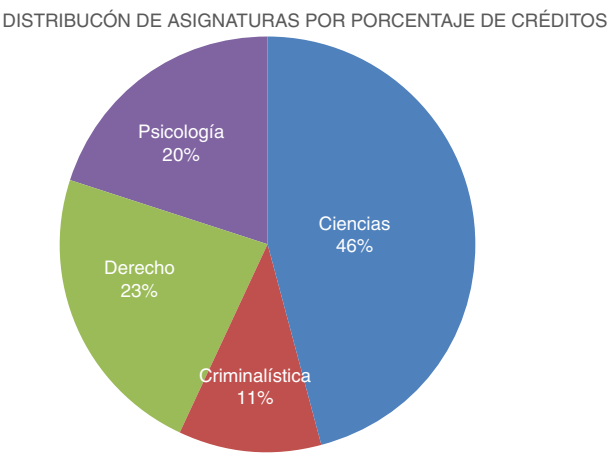

Figura 1 Distribución de las asignaturas de la LCF por porcentaje de créditos en las diferentes áreas del conocimiento.

reales y se aplican conocimientos de diferentes áreas con un mismo fin: obtener información relevante para la resolución de un caso. Se trata de un tema naturalmente interdisciplinario en el que los estudiantes encuentran sentido, relación y aplicación a los conocimientos adquiridos en asignaturas tan distintas como Psicología, Derecho y Química, entre otras. Además, el tema forense se presta al desarrollo de habilidades de pensamiento científico, ya que los estudiantes pueden buscar la manera más adecuada de obtener y procesar los indicios, elaborar reportes y/o verificar la calidad de los mismos y proponer el o los métodos a usar en la investigación, todo con base en fundamentos científicos. Es también adecuado para que ejerciten la argumentación científica, compareciendo en calidad de testigos, sobre la validez y la confiabilidad de las pruebas, así como sobre los métodos utilizados para recabarlas, preservarlas, procesarlas y presentarlas. Métodos en los que el conocimiento que ofrece la química sobre las propiedades de las sustancias resulta crucial.

Asimismo, el contexto forense resulta por demás adecuado para la aplicación del aprendizaje basado en la resolución de problemas (ABP), ya que la enseñanza parte de un problema, se identifican las necesidades de aprendizaje, se busca la información necesaria y se regresa al problema para resolverlo (Instituto Tecnológico de Estudios Superiores Monterrey, 1999). En un caso forense resulta además indispensable la justificación y la argumentación fundamentada de las conclusiones a las que se llegue, con la ventaja de contar con el protocolo del juicio oral que invita y regula el debate entre fiscalía y defensa. Por si fuera poco, el tema forense resulta ideal para reflexionar sobre las repercusiones éticas de la aplicación de la ciencia.

Método

A continuación, se presenta un ejemplo del tipo de estrategias desarrolladas en la LCF de la UNAM: una actividad de ABP centrada en el contexto forense en la que es posible promover la comprensión de los fundamentos y el análisis de los resultados obtenidos mediante diversas técnicas de análisis químico.

Tabla 1 Asignaturas que imparten los profesores que han participado en el TIRCF por semestre

1.er semestre	2.° semestre
Química general	Odontología Derecho penal y teoría del delito Química orgánica Metodología de la investigación científica
3.er semestre	4.° semestre
Química forense	Toxicología Genética
5.° semestre	6.° semestre
Bioética y deontología forense Métodos de la Investigación en el lugar de los hechos	Hematología y serología forense Medicina forense
7.° semestre	8.° semestre
	Juicios orales en materia penal

Taller interdisciplinario para la resolución de casos forenses

El Taller interdisciplinario para la resolución de casos forenses (TIRCF) tiene como propósito contribuir al desarrollo de las competencias que definen el perfil de egreso del científico forense, entre las que se encuentra la verificación de los indicios a través de su estudio químico. Esto mediante la integración de los conocimientos de las diferentes asignaturas en la resolución de casos. Las actividades del taller iniciaron hace más de 2 años y han participado alrededor de 90 estudiantes (un 75% de la matrícula). Desde marzo del 2016 el taller cuenta con financiamiento del Programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza (PAPIME) de la UNAM (PE200516). En él participan profesores de diversas asignaturas del segundo semestre de la carrera: Metodología de la investigación, Odontología, Química orgánica, Derecho penal y Teoría del delito, Estadística forense y Microscopia, así como asignaturas de otros semestres, como Genética, Química forense, Química general, Toxicología y Antropología, entre otras (tabla 1). Para apoyar con la logística del caso en esta primera experiencia se incorporaron, como becarios, estudiantes de la primera generación que recientemente concluyeron los créditos de la carrera.

Mecánica

Como primer paso del TIRCF, un grupo de entre 8 y 10 profesores selecciona el expediente de una investigación forense real, privilegiando aquellas que den cabida a una teoría alterna contrastable con la teoría del caso presentada por el fiscal. Es decir, se busca que puedan plantearse 2 hipótesis que expliquen el caso, la de la fiscalía y la de la defensa, ambas basadas en la evidencia disponible. Entre los casos trabajados se encuentra el de la muerte de una anciana acaudalada, en el que las evidencias correspondían tanto a la teoría de un envenenamiento como a la de un suicidio. También el caso de un homicidio pasional en el que el responsable, expareja de la víctima, modificó la escena para hacerla parecer un caso de robo y violación. Este tipo de engaños ocurre en la realidad y se conocen como *conciencia forense* (Company y Soria, 2016); su finalidad es confundir al investigador forense.

En la primera etapa, que toma alrededor de un mes, el grupo de profesores analiza las posibilidades de resolución del caso desde la perspectiva de cada disciplina y apresta las circunstancias de tal modo que se relacionen directamente con las diferentes asignaturas. Se potencia especialmente la enseñanza de la química, ya que en diversos contextos es posible incluir la presencia de sustancias tóxicas, ilícitas o simplemente desconocidas. De esta forma, se promueve el estudio de su extracción, identificación y cuantificación mediante diferentes procesos analíticos. En uno de los ejemplos trabajados, se adicionó la presencia de un medicamento administrado en una bebida sospechosa; en otro se agregaron polvos blancos en el automóvil en el que se encontraba la víctima, de tal modo que las investigaciones requirieron del levantamiento, el embalaje y la identificación de las sustancias sospechosas o ilícitas, así como del análisis toxicológico correspondiente. Los aspectos legales, metodológicos, criminalísticos y científicos son discutidos hasta que se alcanza un consenso en el diseño del caso, antes de presentarlo a los estudiantes.

Una vez que se cuenta con la descripción de los hechos por escrito, se procede al montaje de uno o varios escenarios de acuerdo con las características del caso. En la última emisión se escenificó un automóvil en el que se encontró un cuerpo, además se elaboraron 2 videos de vigilancia correspondientes al lugar en donde se reunió por última vez la pareja y a un centro comercial en donde el indiciado se reunió con unos amigos, evidencia que presentó en apoyo a su coartada. En dichos montajes participan de forma activa los becarios quienes, a diferencia de sus profesores, cuentan con una formación multidisciplinaria, por lo que su papel resulta estratégico. Además de las escenas, los becarios elaboran los croquis de los lugares y construyen la identidad de los implicados, es decir, identificaciones con foto, perfiles en redes sociales y los detalles personales de cada uno de los implicados en el delito. También se elaboran, de ser necesario, los testimonios de otras personas involucradas, tales como familiares o testigos presenciales del delito.

Una vez que se cuenta con una narración completa de los hechos y con las evidencias fabricadas con fines didácticos, se entrega a los alumnos todo el material, como si de una carpeta de investigación se tratara. El grupo se divide en 2 equipos: la fiscalía y la defensa. Cada parte debe elaborar una teoría del caso que, en la medida de lo posible, esté fundamentada en las evidencias con las que se cuenta. Esto lo realizan mediante la asesoría de los profesores de Metodología de la investigación. Posteriormente, y a lo largo de un semestre, los estudiantes trabajan sobre el caso con sus profesores de química, odontología, etc. durante sus clases cuando se dispone de tiempo y el tema es propicio o en horas extraclase.

En las primeras semanas de la actividad, los alumnos elaboran varios productos que, además de guiarlos en el proceso, sirven como instrumentos de evaluación: una cronología o línea del tiempo a partir de la narración de los hechos; una relación entre los hechos narrados y las evidencias con que se cuenta para que identifiquen si tienen que conseguir más pruebas; la red de vínculos centrada en la víctima y, si es posible, la reconstrucción de los hechos con las evidencias disponibles para ver si su teoría del caso es consistente.

Una vez que tanto la fiscalía como la defensa han elaborado su teoría del caso, los estudiantes solicitan los peritajes correspondientes. Debido a que se trata de los estudiantes más jóvenes, los problemas a resolver inician desde la decisión misma del tipo de peritaje que se requiere: si se desea saber si la persona estaba bajo los efectos de una droga cuando se cometió el ilícito, ¿tiene que intervenir un médico forense, un toxicólogo o un químico?, ¿qué propiedades tiene la sustancia y cómo debe manipularse? ¿Qué formatos hay que llenar y cómo hay que hacerlo? ¿Cómo debe redactarse la pregunta que se hace al perito para obtener la información que se está buscando?

Apoyados por los profesores de las diferentes asignaturas, los alumnos redactan la solicitud de los análisis que se consideran pertinentes e incluyen las preguntas que se consideran relevantes: *que diga el perito si se trata de la misma sustancia, que diga si se trata de un alcaloide, que indique la concentración del fármaco*, etc. Las solicitudes de análisis químicos y genéticos son especialmente notables. Específicamente, las relativas a la aplicación de métodos químicos y fisicoquímicos de análisis como cromatografía, espectrometría de masas y espectrofotometría de infrarrojo aplicadas a la identificación de muestras de tintas, supuestas drogas, telas y vidrios, entre otros. Posteriormente, el grupo de profesores y los becarios se encargan de elaborar los dictámenes que responden a las preguntas planteadas, e incluyen en ellas espectros, tablas de datos, gráficas, entre otros. Mediante el análisis, la discusión crítica y la consulta documental, los estudiantes de cada equipo deben preparar los argumentos fundamentados para sustentar su teoría del caso. Aunque el objetivo no es la formación de profesionales de la química, queda evidenciado su papel como ciencia central, por lo que los futuros científicos forenses deben comprender y poder explicar los fundamentos de técnicas analíticas como la cromatografía, por ejemplo, así como argumentar científicamente la importancia de, por ejemplo, una dosis.

Peritos y peritajes

Como parte de la etapa preparatoria, a varios estudiantes se les asigna el papel de perito en alguna especialidad: química, genética, física, odontología, antropología o entomología, entre otras. Tanto dentro de la fiscalía como dentro de la defensa existen alumnos asignados a cada especialidad y, si bien ambos grupos conocen el tipo de pruebas a desahogarse, cada uno se reserva los detalles de sus argumentos y sus preguntas hasta comparecer en el juicio. A lo largo del semestre cada grupo es asesorado por un especialista, investigador o profesor de la licenciatura, quien colabora en la elaboración del peritaje correspondiente, además de discutir con los estudiantes los méritos y las deficiencias de los argumentos y las preguntas que se desahogarán en el juicio.

El juicio oral

La actividad se cierra con la escenificación del juicio oral correspondiente al caso. En esta etapa los alumnos se caracterizan como los diferentes actores de un juicio: juez, fiscal, defensa, diferentes peritos, testigos, acusado, asesor especialista, entre otros. El evento inicia con los alegatos de apretura por parte de la fiscalía y la defensa, para posteriormente desahogar las pruebas a través del interrogatorio y el contrainterrogatorio correspondientes, y los testimonios. Para plantear las preguntas que constituyen los interrogatorios se ha empleado la *Guía para interrogar científicos forenses, una guía para abogados* de Edmond et al. (2014), que incluye preguntas basadas en 9 ejes: *1)* relevancia; *2)* validación; *3)* limitaciones y errores; *4)* competencia personal; *5)* opinión experta; *6)* verificación;*7)* sesgos cognitivos y efectos contextuales; *8)* contaminación de la prueba, y *9)* críticas a la disciplina. El ejercicio concluye con los alegatos de clausura de ambas partes.

Al final de la representación, se coloca un pizarrón para cada una de las partes, fiscalía y defensa, en donde los asistentes, profesores, alumnos avanzados y especialistas invitados, adhieren tarjetas verdes donde señalan aquellos aspectos que consideran se realizaron de manera destacada, o bien tarjetas amarillas en las que sugieren mejoras al desempeño de los estudiantes.

Los aspectos a evaluar en el juicio oral son:

- Argumentación de las pruebas desahogadas.
- Posibilidad de responder a los contrainterrogatorios.
- Correspondencia entre los alegatos de apertura y las pruebas desahogadas.
- Argumentación de la metodología empleada.
- Fundamentación de las pruebas.
- Pertinencia de los alegatos de clausura.
- Desenvoltura en el juicio.
- Trabajo por equipo.
- Respeto del tiempo disponible para las intervenciones.
- Manejo apropiado de los términos jurídicos pertinentes.
- Planteamiento de preguntas técnica y lógicamente relevantes.

Resultados

La implementación del taller ha sido, hasta ahora, la primera actividad escolar de la LCF de la UNAM en la que participan simultáneamente profesores de diferentes asignaturas con el propósito de integrar lo aprendido en las distintas clases y aplicarlo a un caso concreto. La experiencia permitió que los docentes participantes reconocieran e intercambiaran diferentes visiones sobre estrategias didácticas y en general sobre la enseñanza de la ciencia forense. Por ejemplo, un grupo de profesores se organizó para escenificar algunos interrogatorios con el fin de presentarlos a los alumnos como ejemplo de lo que se esperaba que realizaran ellos. Asimismo la redacción de los aspectos para evaluar el desempeño en el juicio oral resultó de la reflexión colegiada.

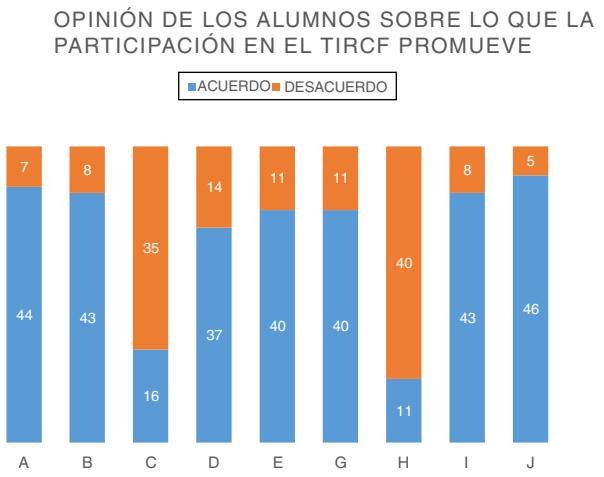

Figura 2 Participar en el Taller Interdisciplinario para la Resolución de Casos favoreció que: A, aplicara mi conocimiento; B, colaborara con mis compañeros; C, descuidara mi desempeño en otras clases; D, entendiera mejor la ciencia forense; E, aprendiera de manera divertida y agradable; F, me animara a profundizar en algún tema; G, perdiera mi tiempo; H, me sintiera motivada a volver a participar; I, adquiriera nuevos conocimientos.

Además, su colaboración en el diseño y resolución del caso favoreció que los profesores ampliaran su cultura forense: los docentes del área científica conocieron nuevos detalles sobre el proceso jurídico, mientras que los que imparten asignaturas de derecho ampliaron su percepción sobre la naturaleza de la ciencia.

Para los estudiantes se trata de una de las actividades más novedosas y complejas en las que han participado en lo que lleva funcionando esta carrera. La necesidad de buscar información específica, de tomar decisiones para la resolución del problema y la posibilidad de aplicar lo aprendido en las clases, los mantuvo entusiasmados la mayor parte del tiempo, mientras que la necesidad de llegar a acuerdos con sus compañeros de equipo los llevó a negociar y argumentar sus puntos de vista gran parte del tiempo.

Mediante un cuestionario de opinión sobre su participación en el taller, más del 80% de los estudiantes manifestaron estar de acuerdo en que la experiencia les permitió: aplicar conocimientos adquiridos en las diferentes asignaturas, adquirir nuevos conocimientos, trabajar colaborativamente con sus compañeros y tener una idea más clara sobre las actividades que podrían realizar al egresar de la carrera. Además, en su mayoría estuvieron de acuerdo en que se trató de una actividad divertida y agradable (fig. 2).

Los resultados son alentadores en general; sin embargo, la cantidad de problemas enfrentados no fue menor. Algunos se resolvieron mediante el análisis colegiado y la acción de los profesores participantes. A continuación, se describen los más relevantes con el fin de invitar a la reflexión del grupo y atenderse en el diseño de los siguientes casos.

Problemas relacionados con los alumnos

La mayoría de los estudiantes están acostumbrados a un enfoque de enseñanza tradicional, donde es el profesor quien tiene la voz, quien toma las decisiones y quien hace las propuestas. Además, están habituados a adquirir nuevos conocimientos para después aplicarlos resolviendo problemas y no al revés. Los estudiantes que ingresan a la LCF no son la excepción. Por lo anterior, a pesar de que al inicio mostraron entusiasmo en participar en la resolución de su primer caso forense, cuando se les pidió que elaboraran una teoría del caso que coincidiera con los indicios manifestaron inseguridad e incluso descontento al no recibir toda la información por parte de los profesores.

Aparte de la incertidumbre a superar, la carga de trabajo también constituyó un obstáculo, ya que una actividad como la que se describe, que requiere de creatividad, de la búsqueda de información, de la discusión entre pares, así como del diseño cuidadoso de un método de investigación y del trabajo colaborativo entre profesores y estudiantes, se contrapone con las actividades típicas de programas saturados de contenidos que, además, exigen que los estudiantes pasen un promedio de 8 horas diarias en el aula, como es el caso de la LCF. Lo anterior coincide con una de las desventajas reportada sobre la enseñanza bajo el enfoque ABP: los estudiantes ABP solo alcanzan a cubrir el 80% de los contenidos de los programas en contraste con los del sistema tradicional (García Sevilla, 2008).

Dificultades con los profesores

Organizar la participación de varios profesores fue una tarea complicada, debido a que la mayoría solo asiste unas cuantas horas a impartir su materia y dispone de poco tiempo adicional para dedicar a la actividad. A esta dificultad se le suma que, siendo de diferentes áreas, tienen concepciones distintas tanto de la metodología de la ciencia como del nuevo sistema de justicia.

Asimismo, la formación docente de la mayoría de los profesores se basa en la experiencia, de manera que tanto el tipo de asesoría que brindaron a los alumnos como las expectativas que tenían de ellos fueron diferentes. Esto ocasionó confusión entre los alumnos; por ejemplo, algunos profesores hicieron por su cuenta los peritajes solicitados por los alumnos, mientras que otros consideraron importante que fueran ellos quienes, bajo su asesoría, realizaran el análisis de los indicios.

Aspectos asociados al diseño de la actividad

Aunque algunos profesores usaron los productos generados por los alumnos durante el proceso para calificar sus respectivas asignaturas y se realizó una evaluación cualitativa mediante la retroalimentación del público que asistió a la escenificación del juicio oral, queda pendiente el diseñar un instrumento que permita evaluar adecuada, sistemática y exhaustivamente el proceso, los resultados y los efectos de la actividad en la formación de los estudiantes.

Asimismo, sobre la base del desempeño de los alumnos durante la argumentación en el juicio, se concluyó que la elección para trabajar con los estudiantes de segundo semestre quizás no sea la más adecuada, ya que la distancia entre lo que los alumnos efectivamente saben y lo que tienen que aprender de forma independiente es demasiado grande.

Tabla 2 Ventajas del contexto forense para la enseñanza de las ciencias

Se trata de un tema atractivo para los estudiantes
Favorece la integración de diferentes áreas del conocimiento, además de la científica, en la resolución de casos concretos
Es propicio para promover diferentes habilidades de pensamiento científico como el planteamiento de hipótesis, la evaluación de las evidencias y la argumentación fundamentada
Promueve el análisis de la metodología empleada para el procesamiento de los indicios
Por su naturaleza, constituye un tema propicio para los enfoques de enseñanza ABP y CTS
Puede utilizarse para la evaluación de actitudes y valores

Finalmente, es importante mencionar que, por momentos, durante la escenificación del juicio el aspecto legal imperó sobre el científico; esto debido a que los estudiantes que actuaron como fiscales o defensas exhibieron mayor seguridad que los que actuaron como peritos. Esto coincide con la mayor soltura que muestran las personas cuando opinan sobre política o aspectos legales en contraste con la inseguridad que en general se tiene al tratar de argumentar sobre un tema científico. Por lo anterior, hubo momentos del juicio en los que el argumento científico quedó supeditado a los aspectos legales, como cuando la testimonial de un perito fue descalificada por el juez debido a inconsistencias administrativas. Dicha situación coincide en gran medida con lo que actualmente ocurre en los juicios orales reales, por lo que resulta imprescindible capacitar a los futuros científicos forenses para que sean capaces de presentar oralmente y por escrito los fundamentos científicos que sustentan el valor de las pruebas.

Conclusiones

El TIRCF permitió reconocer el potencial del tema forense como contexto para la enseñanza de la química en particular y de las ciencias en general, ya que es atractivo para los estudiantes y favorece la promoción de varias habilidades de pensamiento científico como plantear preguntas, hacer hipótesis, interpretar datos, evaluar las evidencias, así como argumentar con fundamento (tabla 2). La estrategia puede aplicarse en diferentes niveles modulando la profundidad de los temas y para cualquier especialidad, como podría ser la química, enfatizando los temas del área.

La actividad descrita, de acuerdo con el consenso de los profesores participantes, promueve la movilización de conocimientos, habilidades y valores, por lo que representa una oportunidad inmejorable para desarrollar y evaluar —formativamente— competencias forenses. Por lo anterior, se considera que queda como un pendiente principal diseñar herramientas de evaluación más adecuadas, que permitan determinar qué competencias se desarrollan y hasta qué nivel lo hacen.

Por otra parte, la implementación del taller permitió que los estudiantes conocieran los perfiles y el proceder de jueces, fiscales, abogados de la defensa, peritos, asesores técnicos y agentes del Ministerio Público, y que reconocieran la necesidad de contar con conocimientos robustos de cada una de las disciplinas para tener argumentos al momento de ser sometidos a un interrogatorio o bien para descalificar las pruebas de la contraparte con fundamentos científicos.

La implementación del TIRCF ha sido un reto para alumnos, profesores y autoridades de la LCF. Sin embargo, vale la pena continuar trabajando para su mejora, ya que constituye un primer paso para migrar de un modelo de enseñanza tradicional a uno centrado en el desempeño de los estudiantes. Dicha evolución habrá de conducir hacia la construcción de la identidad educativa que se está buscando.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Agradecimientos

La autora agradece el apoyo a la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM, por el financiamiento otorgado a través del Proyecto PAPIME PE200516 para la ejecución de este proyecto.

Referencias

Aikenhead, G. S. (1994). What is STS science teaching? En J. Solomon y G. Aikenhead (Eds.), *STS Education: International perspectives on reform*. New York: Teachers College Press.

Almirall, J. y Furton, K. (2003). Trends in forensic science education: expansion and increased accountability. *Anal Bioanal Chem*, *376*, 1156–1159.

Beane, J. (1995). Curriculum integration and the disciplines of knowledge. *The Phi Delta Kappan*, *76*(8), 616–622.

Bergslien, E. (2006). Teaching to avoid the ''CSI effect''. Keeping the science in forensic science. *Journal of Chemical Education*, *83*(5), 690–691.

Bonfigli, E. A., Cantín-López, M. y Fonseca, G. M. (2010). Procedimientos y aprendizaje significativo en la investigación criminal. Presentación de dos experiencias de capacitación interdisciplinaria. *The Forensic Oral Pathology Journal-FOPJ*, *1*(2), 14.

Company, A. y Soria, M. (2016). La violencia en la escena del crimen en homicidios en la pareja. *Anuario de Psicología Jurídica*, *26*(1), 13–18.

Dirección de Investigación y Desarrollo Educativo, Vicerrectoría Académica, Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (1999). Las estrategias y técnicas didácticas en el rediseño. México. ITESM [consultado 16 Sept 2017]. Disponible en: http://sitios.itesm.mx/va/dide/documentos/inf-doc/Est_y_tec.PDF.

Edmond, G., Martire, K., Kemp, R., Hamer, D., Hibbert, B., Ligertwood, A., et al. (2014). How to cross-examine forensic scientists: A guide for lawyers. *Australian Bar Review*, *39*, 174–197.

Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México (2014). Licenciatura en Ciencia Forense. México, D.F.: Facultad de Medicina, UNAM [consultado 16 Sept 2017]. Disponible en: http://www.cienciaforense.facmed.unam.mx/wpcontent/uploads/2015/02/presentaEjecutiva.pdf.

García Castillo, Z. y Bravo Gómez, M. E. (2017). *El estado del arte de las ciencias forenses en México*. Ciudad de México: Tirant lo Blanc, El Colegio Nacional y CONACyT.

García Sevilla, J. (2008). *El aprendizaje basado en problemas en la enseñanza universitaria*. Murcia: Universidad de Murcia, servicio de publicaciones.

Guerra, G., Alvarado, C., Zenteno, B. y Garritz, A. (2008). La dimensión ciencia-tecnología-sociedad del tema de ácidos y bases en un aula del bachillerato. *Educación Química, De Aniversario*, 277–288.

Hsu, S. (2017). Sessions orders Justice Dept. to end forensic science commission, suspend review policy. *The Washington Post*, 10 de abril de 2017.

Makin, D. (2016). A descriptive analysis of a problem-based learning police academy. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, *10*(1).

McManus, S. (2010). *Influence of the csi effect on education and mass media*. Florida: Electronic Theses and Dissertations, University of Central Florida [consultado 16 Sept 2017]. Disponible en: http://stars.library.ucf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2576&context=etd.

Osborne, J., Simon, S. y Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *Int J Sci Educ.*, *25*(9), 1049–1079.

Solbes, J., Montserrat, R. y Furió, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, *21*, 91–117.

Talanquer, V. y Pollard, J. (2010). Let's teach how we think instead of what we know. *Chem Educ Res Pract.*, *11*, 74–83.

Whyte, C. (2017). Why the Trump administration is taking science out of forensics. *New Scientist*. [consultado 16 Sept 2017]. Disponible en: Recuperado de https://www.newscientist.com/article/2127909-why-the-trump-administration-is-taking-science-out-of-forensics/?utm_term=Autofeed.