



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE QUÍMICA**

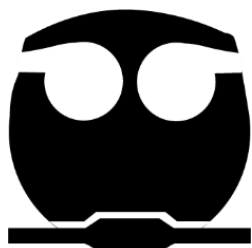
**Desarrollo de herramientas audiovisuales  
para el aprendizaje autodirigido de  
Química Forense Experimental**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
QUÍMICA**

**PRESENTA:**

**JULIETA SALCEDO VELASCO**



Ciudad Universitaria

Ciudad de México, 2020



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**JURADO ASIGNADO:**

**PRESIDENTE:** IRMA CRUZ GAVILÁN GARCÍA  
**VOCAL:** MARCOS FRANCISCO VILLANUEVA HERNÁNDEZ  
**SECRETARIO:** SILVIA CITLALLI GAMA GONZÁLEZ  
**1er. SUPLENTE:** ANA GUADALUPE CARREÑO MENDOZA  
**2° SUPLENTE:** FERNANDO SANTIAGO GÓMEZ MARTÍNEZ

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA: FACULTAD DE QUÍMICA  
DE LA UNAM**

**ASESOR DEL TEMA: IRMA CRUZ GAVILÁN GARCÍA**

**SUSTENTANTE: JULIETA SALCEDO VELASCO**

# **AGRADECIMIENTOS**

Al Programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza (PAPIME) de la DGAPA por la beca otorgada para la realización de este trabajo a través del proyecto con clave PE-204718.

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>OBJETIVOS</b> .....	3
<b>Objetivo General</b> .....	3
<b>Objetivos Particulares</b> .....	3
<b>ALCANCE</b> .....	4
<b>ANTECEDENTES</b> .....	5
<b>CAPÍTULO I – Herramientas didácticas en la educación</b> .....	5
1.1 Herramientas didácticas.....	6
1.2 Los medios didácticos; su evaluación y selección.....	8
1.3 Historia de los recursos didácticos para la enseñanza de ciencias químicas. ....	9
<b>CAPÍTULO II – Video-tutoriales</b> .....	11
2.1 ¿Qué es un video-tutorial?.....	11
2.1.1 Importancia de los video-tutoriales en la enseñanza .....	13
2.1.2 El guion como esqueleto de un video .....	14
2.2 Nuevas tecnologías en la enseñanza .....	16
<b>CAPÍTULO III – Ciencias Forenses</b> .....	18
3.1 Relevancia y popularidad.....	18
3.2 Enseñanza de la química bajo un enfoque de contexto forense.....	19
3.2.1 Características actuales y tendencias en la formación en Ciencia Forense..	19
3.2.2 Licenciatura en Ciencias Forenses de la UNAM.....	20
3.2.2.1 Perfil del profesional en Ciencias Forenses.....	21
<b>METODOLOGÍA</b> .....	24
<b>a) Creación de guiones</b> .....	24
<b>b) Diseño de personajes y escenarios digitales</b> .....	26
<b>c) Animación de recursos digitales</b> .....	27
<b>d) Grabación de escenarios y pruebas experimentales digitales</b> .....	29
d. Conjunción de animación digital y recursos grabados.....	29
<b>e) Edición de sonido</b> .....	29
<b>f) Diseño de la herramienta de evaluación del recurso audiovisual</b> .....	30
f. La rúbrica.....	30

<b>RESULTADOS</b> .....	32
<b>a) Creación de guiones</b> .....	32
<b>b) Diseño de personajes y escenarios digitales</b> .....	38
<b>c) Animación de recursos digitales</b> .....	40
<b>d) Grabación de escenarios y pruebas experimentales digitales</b> .....	41
<b>e) Edición de sonido</b> .....	44
<b>f) Diseño de la herramienta de evaluación del recurso audiovisual</b> .....	45
<b>g) Medios de difusión de los video-tutoriales en plataformas digitales</b> .....	48
<b>CONCLUSIONES</b> .....	49
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	51
<b>ANEXOS</b> .....	53
Protocolos Experimentales .....	53

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 .....	25
Tabla 2 .....	45
Tabla 3 .....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 .....	7
Figura 2 .....	9
Figura 3 .....	10
Figura 4 .....	22
Figura 5 .....	26
Figura 6 .....	27
Figura 7 .....	27
Figura 8 .....	28
Figura 9 .....	39
Figura 10 .....	39
Figura 11 .....	41
Figura 12 .....	42
Figura 13 .....	43
Figura 14 .....	44
Figura 15 .....	45
Figura 16 .....	47

# INTRODUCCIÓN

Los avances en las tecnologías de la información han permitido potenciar las herramientas didácticas para fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje. Este proceso conlleva aprender, enriquecer y transformar habilidades en un individuo para que pueda comprender e interactuar con su entorno. Por ello, hoy en día los programas de enseñanza que emplean herramientas didácticas electrónicas buscan divulgar el conocimiento y proveer acceso al aprendizaje permanente de manera audio-visual y totalmente accesible. El implementar nuevas tecnologías de información y comunicación mediante material multimedia responderá de forma flexible las demandas en materia de educación.

En este trabajo se propone el desarrollo de video-tutoriales como herramienta didáctica para la enseñanza de la Química Forense Experimental como una guía paso a paso para realizar una sola tarea que se centra en la aplicación de algún tema en específico que permite su reproducción tantas veces como quiera el alumno para retener el conocimiento deseado o el desarrollo de una habilidad.

En general, el trabajo está constituido de la siguiente manera: en el primer capítulo se presenta en forma breve a las herramientas didácticas como un conjunto de actividades, materiales, recursos o medios utilizados como un complemento en el proceso de aprendizaje-enseñanza. Así mismo, una forma de enfrentar el reto de desarrollar estrategias de aprendizaje ha sido el uso de las herramientas didácticas ya que ayudan a mejorar el proceso cognitivo de cada individuo aprendiendo, enriqueciendo y transformando las habilidades para comprender y actuar sobre su entorno.

En el segundo capítulo se presenta el video-tutorial como una guía paso a paso para realizar una sola tarea específica y que además por encontrarse en formato de video presenta la ventaja de repasar el contenido las veces que sea necesario hasta lograr los conocimientos deseados. Los videos educativos deben ser informativos, motivadores y comunicativos para reforzar el aprendizaje y como herramientas didácticas presentan las ventajas de presentar un contenido enriquecido con sonido e imágenes, captan la atención del espectador, son flexibles a múltiples áreas de conocimiento y cuentan con una amplia difusión en redes sociales e internet.

El capítulo tres se introduce a las Ciencias Forenses como un área interdisciplinaria que requiere aplicar el conocimiento de múltiples ciencias, entre ellas, la química para analizar indicios obtenidos en el sitio de la investigación bajo la aplicación del método científico bajo



los principios de la química tradicional. Las ciencias forenses han crecido a nivel internacional gracias a que las nuevas tecnologías proporcionan información más confiable; esto ha abierto la posibilidad de enseñar la química y que los estudiantes refuercen y apliquen el conocimiento adquirido en diferentes materias cursadas durante su carrera universitaria.

En el capítulo de metodología se presenta en forma detallada cada una de las etapas que se siguieron para la elaboración de los video-tutoriales. Y, finalmente, se presentan los video-tutoriales elaborados y que se encuentran disponibles en una plataforma digital. Estos fueron piloteados con un grupo de la Facultad de Química de la UNAM para su evaluación.

En resumen, este trabajo fue un primer intento de introducir las nuevas tendencias digitales a través de las denominadas TIC's para fortalecer el proceso de enseñanza y aprendizaje de la química en el laboratorio.

# **OBJETIVOS**

## **Objetivo General**

El objetivo de este trabajo es desarrollar video-tutoriales como herramienta didáctica para la enseñanza de la Química Forense Experimental que induzca la aplicación del método científico mediante la observación, cuestionamiento, recopilación y clasificación de datos proporcionados por la evidencia de una escena del crimen.

## **Objetivos Particulares**

- Realizar una revisión bibliográfica sobre los diferentes formatos de material didáctico utilizado a lo largo de la historia.
- Elaborar video-tutoriales como un recurso didáctico al alcance de los estudiantes para fortalecer el trabajo experimental.
- Probar los video-tutoriales elaborados en un grupo piloto y recibir retroalimentación de los estudiantes participantes.

## **ALCANCE**

Este trabajo es la continuación de la tesis titulada “Propuesta de protocolos experimentales para la enseñanza de Química Forense a Químicos” presentada por Janette Araceli Fragoso Lugo para la obtención del grado de Licenciatura en Química, donde se aborda la validación de los protocolos experimentales.

Los video-tutoriales de este trabajo se basan en los protocolos experimentales validados como herramienta didáctica para estudiantes de la licenciatura en Química de la Facultad de Química quienes deseen iniciarse en el área de la Química Forense Experimental. Estos video-tutoriales son un complemento de los protocolos ya que se espera que los alumnos desarrollen el tema durante su trabajo en clase y para la evaluación de la materia.

Las pruebas que se presentan en los video-tutoriales son de tipo cualitativo, tales como: pruebas a la gota con cloruro férrico y ácido nítrico en sustancias controladas, pruebas de densidad y combustión para polímeros, y pruebas de solubilidad y combustión para fibras textiles.

# ANTECEDENTES

## CAPÍTULO I – Herramientas didácticas en la educación

Para hablar de educación necesitamos empezar por plantear que se compone de diferentes elementos que deben tratarse de forma conjunta como son enseñanza, aprendizaje y contexto social. Es erróneo pensar que una vez conociendo como se adquiere el conocimiento, se pueda diseñar un método de enseñanza; así como restar importancia a las teorías de aprendizaje ya que estas son la base para desarrollar teorías sobre la enseñanza; en cuanto al contexto social es un poderoso conjunto de factores que influyen sobre la educación pues conlleva considerar valores, principios, entorno, economía, tecnología e infraestructura disponible, etc. (Chrobak, 2000).

No es materia de este trabajo un análisis detallado de los elementos anteriormente mencionados, sino que se busca identificarlos para enfatizar que la educación constantemente debe ser sometida a reformas y cambios. Los docentes deben enfrentar el reto de desarrollar estrategias de aprendizaje. En primer lugar, teniendo una idea bien clara y concreta de lo que quiere que el alumno logre al pedirle realizar una tarea determinada; en segundo lugar, conocer las herramientas didácticas disponibles para conseguir ese objetivo; en tercer lugar, enseñarle a hacerlo; por último, comprobar que el alumno puede hacer lo que le han solicitado (Chrobak, 2000).

El aprendizaje es un proceso cognitivo en el cual se aprende, enriquece y transforma las cualidades de cada individuo para comprender y actuar sobre su entorno (Duarte y Posadas, 2013). Por ello, enseñar no sólo consiste en presentar los conocimientos científicos y socialmente establecidos, se requiere de una reflexión de lo que se trata conocer, cómo se origina ese conocimiento y ser un constructor activo de éste.

El gran avance de la tecnología en los últimos años permite visualizar el potencial del valor educativo de las denominadas “Tecnologías de la Información y las Comunicaciones” (TIC’s), y su contribución a facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje. El objetivo de los programas de enseñanza que emplean estas herramientas, buscan divulgar la educación y proveer acceso al aprendizaje permanente de manera audiovisual y totalmente accesible. Al implementar nuevas tecnologías de información y comunicación mediante material multimedia responderá de forma flexible las más variadas demandas en materia de educación.

## 1.1 Herramientas didácticas.

Las herramientas didácticas son un conjunto de actividades, materiales, recursos y medios tecnológicos (AMCO, 2017) utilizados con el fin de apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Su finalidad es generar y facilitar la enseñanza y el aprendizaje autónomo, así como el desarrollo de algunas habilidades y aptitudes cognitivas. Algunas de sus características son: a) simplicidad, b) generar motivación, c) relevancia curricular, d) versatilidad, e) enfoque pedagógico y f) evaluación (Sánchez. 2016). Algunos ejemplos de los recursos didácticos son el esquema, los mapas conceptuales, resúmenes, cuadros sinópticos, nemotecnias y los más modernos como transparencias, diapositivas, audio, video, tutoriales o páginas web.

A partir de muchas investigaciones sobre la forma en que adultos y niños aprenden, las herramientas didácticas se han multiplicado para cubrir las diferentes necesidades de aprendizaje de cada individuo. Cualquier recurso puede ser efectivo al aplicarse mediante una previa planeación, dirección y con un enfoque dirigido al individuo en cuestión (AMCO, 2017).

Por otro lado, es bien sabido que la incursión de la tecnología es inherente a la sociedad actual y, por tanto, también en el campo educativo se ha dado este fenómeno. Es imprescindible la incorporación de herramientas tecnológicas en las aulas para generar nuevos entornos de enseñanza y aprendizaje lo que implica un abandono de medios tradicionales como la sustitución de la transmisión del conocimiento de forma oral a forma electrónica; sustitución de espacios físicos para las clases por plataformas y salones *on line*; nuevos soportes educativos como pizarras digitales, blogs, soportes audiovisuales, imágenes, podcast, etc. (Duarte y Posadas, 2013).

En el trabajo “Herramientas didácticas... La mejor vía para el desarrollo de las habilidades del pensamiento y el pensamiento crítico en los niños” (AMCO, 2017) se menciona que algunos de los beneficios más importantes del uso de las herramientas didácticas son los presentados en la siguiente figura:

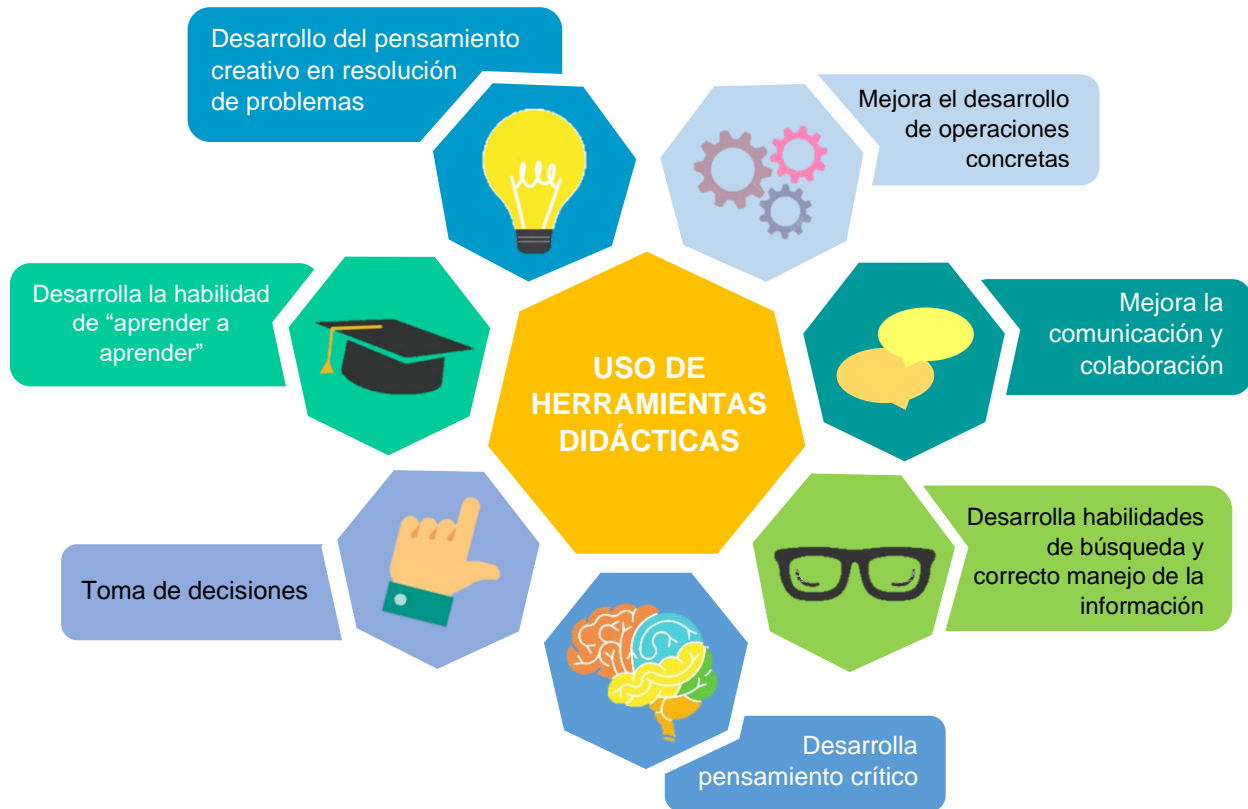


Figura 1. Beneficios más importantes del uso de las herramientas didácticas.

El punto “desarrollar la habilidad de aprender a aprender” quizás sea el más importante, ya que la relación entre la enseñanza y el aprendizaje no es de causa y efecto (Duarte y Posadas, 2013); es decir, hay formación (aprendizaje) sin educación (enseñanza) como un niño que empieza a hablar sólo por el hecho de escuchar a las personas a su alrededor sin aprender las reglas gramaticales; e instrucción (enseñanza) sin asimilación (aprendizaje) como cuando los maestros de un idioma nuevo enseñan a pronunciar letras, después palabras y por último frases completas sin reflexionar por un instante el significado de dichas palabras.

Todas las generaciones a partir de los 90's, y aún más las siguientes, no conciben un mundo sin tecnología y se adaptan con la misma velocidad con la que surgen los cambios y avances tecnológicos; por ello, la incorporación de herramientas didácticas tecnológicas es y será la mayor fortaleza de las escuelas a cualquier nivel de educación. Los estudiantes se prepararán para situaciones reales mediante simulaciones, redes de aprendizaje y contenidos multimedia. Por lo que no hay duda de que las herramientas didácticas basadas en la aplicación de los conocimientos adquiridos en el aula con una razón de ser y una aplicación, no sólo permiten la acumulación de información, sino que también desarrollan

habilidades de resolución de problemas didácticos y reales de la mejor manera posible (AMCO, 2017).

## **1.2 Los medios didácticos; su evaluación y selección.**

Es importante mencionar que no todos los medios didácticos se consideran educativos. Un medio didáctico, que va relacionado a las herramientas didácticas, es un material elaborado con la intención de facilitar el proceso enseñanza-aprendizaje, por ejemplo: un libro de biología. Mientras que un medio educativo es un material usado bajo una finalidad didáctica determinada, estos pueden usarse bajo una situación de enseñanza-aprendizaje siendo o no medios didácticos, por ejemplo: un programa de National Geographic que puede usarse como un recurso para aprender de la naturaleza, aunque no sea una herramienta didáctica (Graells, 2000).

Algunas de las funciones de los medios didácticos son (Graells, 2000):

- a) Proporcionar información.
- b) Guiar el aprendizaje pues ayudan a organizar la información, relacionar conocimientos o crear nuevos y aplicarlos.
- c) Ejercitar habilidades.
- d) Despertar y mantener el interés.
- e) Evaluar los conocimientos o habilidades adquiridos algunas veces por el mismo recurso (explícita) y a veces por el propio estudiante al notar sus errores (implícita).
- f) Proporcionar simulaciones de entornos para observar, explorar y experimentar.
- g) Proporcionar entornos para la expresión y creación.

Estas funciones nos hacen ver que los medios didácticos no sólo transmiten información, sino que también son el enlace entre situaciones reales y los estudiantes, además de desarrollar habilidades cognitivas en las personas que los usan.

Otro aspecto importante de los recursos didácticos es su evaluación. Primero, definimos “evaluar” como la estimación de la medida en que la persona a la que se le está proporcionando la información posee características que se consideran deseables y que se han especificado bajo ciertos criterios. La evaluación siempre se hace para algo y para alguien; es decir, se tiene una intención cómo saber cuáles recursos poseen mayor información o cuales son los más adecuados para un grupo de estudiantes determinado;

además también están los destinatarios que pueden ser los docentes o diseñadores de los recursos didácticos.

Uno de los criterios que siempre se busca medir durante una evaluación es la eficacia del medio didáctico a lo largo del proceso de aprendizaje. Esto puede darse en dos formas: evaluación objetiva y evaluación contextual como se presenta en la Figura 2 (Graells, 2000):

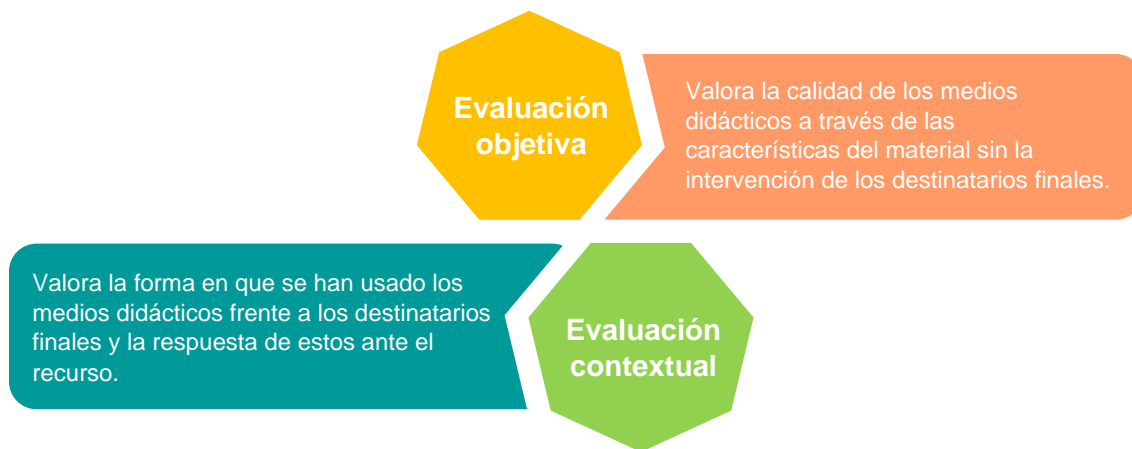


Figura 2: Formas de evaluación de un medio didáctico durante el proceso de aprendizaje.

Una vez realizada la evaluación se puede seleccionar el material didáctico más adecuado y con mayor calidad para usarse durante la docencia; sin embargo, no hay que descartar que estos materiales deben estar en concordancia con los objetivos educativos que se pretenden lograr, el contenido del que se hablará con cada material, las características de los estudiantes que los usarán, el contexto físico ya que a veces se quiere usar un material didáctico muy avanzado (como material multimedia) pero no se cuenta con las instalaciones para explorarlo, y las estrategias didácticas contempladas durante el uso del material (Graells, 2000). De esta manera, se asegura que la forma de utilizar el recurso didáctico cumplirá su función como un medio eficaz en el logro del proceso enseñanza-aprendizaje.

### **1.3 Historia de los recursos didácticos para la enseñanza de ciencias químicas.**

Haciendo un pequeño resumen de la historia de los recursos didácticos en el ámbito de la enseñanza de las ciencias, podemos empezar con los primeros registros documentados del uso de recursos audiovisuales que se dieron con el desarrollo de tecnologías modernas que datan del siglo XX; sin embargo, desde antes los docentes han tenido a su disposición más recursos didácticos de enseñanza y no sólo se trata de los recursos convencionales como son los libros de texto, pizarrones o material de laboratorio (Valverde y Viza, 2006).



Por eso, en los siguientes párrafos se realizará un breve recorrido cronológico que pretende identificar diferentes materiales utilizados en la enseñanza de las ciencias químicas.

En 1924, se tuvo el primer registro del uso de la radio para la transmisión de pláticas con temas relacionados a la química (petróleo, alimentos, colorantes, etc.) dentro de programas de variedades.

Entre 1929 y 1939, se hizo uso de un sistema de proyección en pantalla de diapositivas y cuerpos opacos como el Balopticon (un equipo de proyección en pantalla que consistían en reflejar la luz para proyectar imágenes de cuerpo opacos) para representar experimentos.

En 1941, se grabó la primera cinta muda de 16 mm sobre cómo utilizar la balanza analítica y en 1949 se describió el uso de cámaras Polaroid montadas en microscopios.

La Universidad de Park, Pensilvania, en 1956 transmitió clases de química en un circuito cerrado de TV. Esto generó que las clases se grabaran en video-cassettes y películas (8 mm) teniendo como actores a los profesores y de utilizaría los salones o laboratorios.

En 1978, se introdujo al mercado las microcomputadoras: Commodore PET y Apple II que tenían instalados programas de educación química. Tres años después (1981) IBM lanzó la Personal Computer y en 1984 Apple sacó la Macintosh con el objetivo de tener una computadora en cada hogar resultando en obtener información de forma más accesible.

A partir de 1990 se crearon presentaciones que conjugaron videos, gráficos, texto, sonido, etc. Por primera vez surgió la simulación de actividades de laboratorio, procesadores de hojas de cálculo, visualización de estructuras moleculares, modelaje de reacciones y procesos, etc. Mientras que los materiales multimedia e información se distribuyen por medio de internet el cual es de fácil acceso desde cualquier dispositivo.

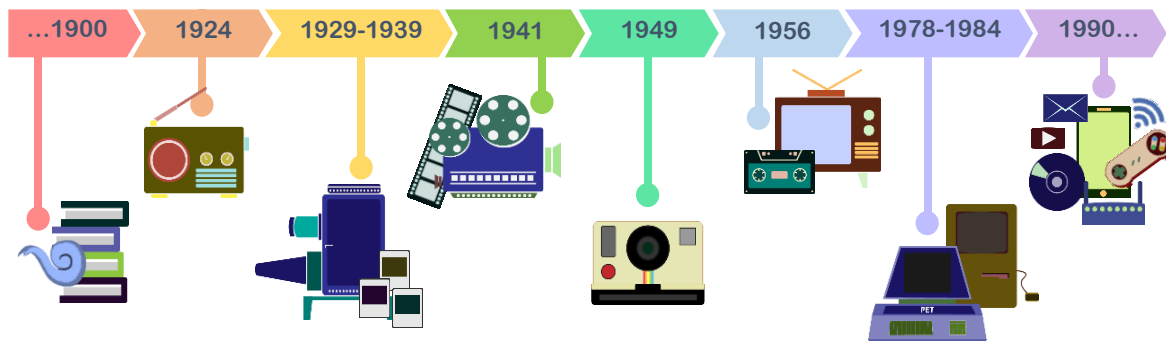


Figura 3: Línea del tiempo gráfica de los recursos didácticos utilizados en la enseñanza de ciencias químicas.

## CAPÍTULO II – Video-tutoriales

### 2.1 ¿Qué es un video-tutorial?

Para este trabajo el tutorial se considerará como una “guía” paso a paso para realizar específicamente una sola tarea, y a diferencia de un manual que pretende mostrar un programa completo, el tutorial se centra en la aplicación de algún tema en específico donde se involucra el ejecutor y el medio de aplicación con pasos y detalles del procedimiento con audio, fotos o video.

Por otro lado, un video es un sistema de almacenamiento de imágenes en movimiento y sonidos sincronizados, posibilita la reproducción de las imágenes grabadas una y otra vez tantas veces como quiera el espectador. En el caso de videos educativos, deben ser informativos, motivadores, expresivos, creativos y comunicativos mediante secuencias de imágenes que aporten un reforzamiento en el aprendizaje de los alumnos (Duarte y Posadas, 2013).

Los video-tutoriales son una combinación de los dos conceptos mencionados anteriormente y como estrategia de enseñanza, más que de aprendizaje, son muy bien vistos ya que permiten repasar el contenido las veces que sea necesario hasta que el alumno logre los conocimientos deseados o el desarrollo de alguna habilidad planteada.

Además, los videos se han convertido en las estrellas de los contenidos educativos como herramientas didácticas ya que presentan varias ventajas:

- Contenido ampliamente enriquecido con sonido, imágenes, diagramas, etc.
- Dinámico ya que capta la atención del espectador, engancha y se retiene mejor la información.
- Abierto y flexible a múltiples contenidos y áreas del conocimiento.
- Ideal para personas creativas y con mayor retención visual.
- Amplia difusión en internet y redes sociales.
- Gran accesibilidad ya que su consulta puede realizarse desde cualquier dispositivo.

El uso de un video-tutorial como herramienta didáctica debe tener una cuidadosa planeación y elaboración. Es decir, se debe tener bien claro las posibilidades del material y la función que desempeñará dentro del aula (Duarte y Posadas, 2013).

Como ya se había mencionado, los video-tutoriales para poder usarse como medios didácticos deben cumplir con las siguientes características:

- *Efecto motivador*: debe ser un medio que acerque al estudiante a situaciones reales de una forma atractiva para que produzca un efecto positivo en su aprendizaje.
- *Contenido*: este debe ser diseñado de acuerdo con el objetivo que el profesor quiera lograr y al mismo tiempo, él debe ser capaz de acercar el contenido a la realidad de sus estudiantes.
- *Estructura*: el video no sólo debe tener el contenido, sino que también necesita ser una guía para poder resolver problemas similares a lo presentado en la cinta y con esto generar experiencias de aprendizaje.
- *Dificultad progresiva*: la dificultad de la información debe ser secuencial, de forma que no existan saltos entre conceptos que dificulten la comprensión y seguimiento del contenido.
- *Permitir al estudiante una representación mental*: el material necesita generar un aprendizaje significativo (AMCO, 2017) en los estudiantes; es decir, lograr la aplicación de los conocimientos adquiridos en el aula con una razón de ser y una utilidad práctica para afrontar con éxito retos posteriores.

Sin embargo, no se puede descartar que la creación de video-tutoriales presenta una serie de retos para poderlos incorporar en el mundo educativo y dentro de los cuales podemos mencionar (Hyla, 2015):

- *Tamaño*: la duración ideal no debe ser muy corta ya que puede faltar información, pero tampoco debe ser muy largo para evitar el hastío del espectador. Además, un video se puede hacer muy pesado y de difícil reproducción ya que contiene texto, imágenes, animaciones, entre otros elementos; tener el equipo adecuado para su reproducción hace accesible la herramienta didáctica pero fuera de clase las diferentes velocidades de internet y capacidad de memoria RAM de los dispositivos electrónicos puede causar que algunos usuarios presenten fallas o problemas para su consulta.
- *Costo*: el proceso de realización a nivel profesional, o inclusive a nivel amateur, es costoso ya que un video requiere mucho tiempo de planeación y recursos de producción y post-producción. Una forma de reducir el costo es reduciendo la calidad del video; sin embargo, de esta forma también se podrían acentuar el hecho

de que los alumnos no lo encuentren atractivo y al final no sirve para reforzar el aprendizaje

- *Actualizaciones:* el contenido debe actualizarse constantemente ya que la información se renueva rápidamente y es mucho más fácil actualizar el contenido estático (como imágenes y texto) que el contenido dinámico (animación, simulaciones o juegos).
- *Escaneo rápido:* no se puede negar que los videos son muy atractivos visualmente pero por el mismo formato de estos, dificulta la posibilidad de indagar rápidamente si nos serán de utilidad o no; es decir, en un texto es posible fijarse rápidamente en los títulos para saber si algo de la información contenida nos servirá, pero en un video hay que observar por lo menos durante unos 2 o 3 minutos para saber si el material será interesante y si servirá de algo la información presentada.
- *Medios de acceso:* para ver un video se debe considerar que se tiene que tener disponible los sentidos de la vista y el oído, lo cual también incluye tener a la mano unos audífonos, encontrarse en un lugar silencioso o asegurarse de que el audio puede ser escuchado aún a la distancia del espectador más lejano; lo mismo sucede con los elementos mostrados en la pantalla, deben ser posibles de distinguirse aún con cierta distancia por lo que se debe jugar con los tamaños y formas del contenido.
- *Dedicación:* es fácil hacer un video sin mucha preparación, actualmente se puede sacar el celular y grabarse a sí mismo mientras se platica a la cámara algún tema, pero hay que considerar que no todas las personas al pararse frente a una cámara se convierten en oradores expertos, no siempre se tiene el suficiente conocimiento de lo que se habla y no siempre se tiene algo interesante que decir. Estos podrían considerarse como videos malos y aburridos, además de dejar una desconfianza en el espectador sobre los contenidos e-laerning.

Estas dificultades no deben ser un obstáculo para crear contenido audiovisual de acuerdo con nuestras necesidades y objetivos educativos, sólo deben tomarse en cuenta para organizar y distribuir los recursos que necesitaremos en cada uno de los proyectos de desarrollo de herramientas didácticas.

### **2.1.1 Importancia de los video-tutoriales en la enseñanza**

Es importante considerar que un video-tutorial es un medio audiovisual donde la comunicación es un elemento fundamental. Los medios usan diferentes lenguajes para expresarse y comunicar, por ejemplo: el radio usa lenguaje auditivo, los carteles usan

lenguaje visual, los libros usan lenguaje escrito, y los medios audiovisuales usan una combinación de todos los lenguajes anteriores, lo que los convierte en medios de expresión mucho más completos pues son recursos multisensoriales y con ello motivar el aprendizaje en los estudiantes (López, 2002).

Los video-tutoriales, actualmente, no sólo se perciben como medios de expresión, sino que también se visualizan como transmisores de información. Su valor educativo se obtendrá debido al trabajo de investigación para la elaboración de un guion y del contenido que se planteó en el mismo, el uso de los equipos y recursos durante la producción y postproducción, así como de otros elementos que surgen al momento de realizar un filme.

No se debe dejar de lado la importancia del profesor como educador, ni tampoco de otros recursos como libros, revistas o artículos científicos; sin embargo, los video-tutoriales enriquecen el proceso de enseñanza-aprendizaje ya que como herramientas didácticas brindan las siguientes ventajas (Velasco, 2006):

- El profesor asignará el papel que jugarán los recursos audiovisuales; es decir, el cómo, cuándo y por qué utilizarán como herramienta didáctica un video-tutorial.
- Se amplía el marco de experiencia de los alumnos; ya que el video-tutorial servirá como una representación de una situación real, el alumno podrá comprender conceptos o procedimientos al visualizarlos y por lo tanto, facilitar el proceso de abstracción y evitar la formación de conceptos erróneos.
- Motivar el aprendizaje al poner en contacto a los alumnos con una realidad más cercana.
- Relacionado al punto anterior, se fomenta la investigación del tema presentado en el video; aquí se puede establecer una discusión para desarrollar la observación y el juicio crítico.
- Y, por último, se crea un aprendizaje significativo donde se logra la aplicación de los conocimientos adquiridos con la herramienta en una situación real y práctica.

### **2.1.2 El guion como esqueleto de un video**

Un guion (*guión* hasta 2010 (RAE y AALE, 2010)); es un texto que expone ordenadamente y con los detalles necesarios para su realización, el contenido de un filme (RAE, 2019). Es decir; es una herramienta de trabajo necesaria en todo proyecto audiovisual ya que es la descripción de las escenas que conforman el relato de una historia.

Un guion va a terminar siendo un conjunto de imágenes; por lo que al estructurarlo debe pensarse en que será visto y escuchado por una audiencia, no leído. La persona encargada del diseño de la herramienta didáctica debe buscar la forma de describir las imágenes mediante palabras y con ello crear una narración.

Un guion contiene las indicaciones de todo aquello que el video requiere para su representación visual. Puede abarcar tanto los aspectos literarios (escrito por el guionista donde se especifican las acciones y diálogos de los personajes, se da información sobre los escenarios y se incluyen acotaciones para los actores), como los aspectos técnicos (escrito por el director donde se plasman los planos cinematográficos, el encuadre de cada uno, los movimientos de cámara, iluminación, decorado o efectos de sonido), o separar cada uno de estos aspectos en guiones diferentes (Sánchez, 2018).

Para la elaboración de un guion se tienen varias etapas. En primer lugar se necesita saber qué se quiere expresar; el guionista o escritor debe tener la mente repleta de la información que se quiere representar en pantalla y en este caso, se tiene la ventaja de que el escritor no es una persona ajena a la producción del video, ya que desde el principio se le dio la información y se hizo una investigación de los conceptos para finalmente buscar la forma de crear una narración cronológica del tema que se quiere exponer. La siguiente etapa es la creación de un resumen del relato para establecer por escrito las ideas de la historia a desarrollar. Posteriormente, se ponen manos a la obra y se comienza a redactar la historia como si se tratara de una novela; es decir, se hace una descripción lineal de las ideas para formar la historia del video y con esto, también van surgiendo las secuencias de escenas en las que los diálogos de los personajes o la explicación de los lugares y el tiempo de la historia se especifican con claridad. Por último, se redacta el guion técnico para definir los planos, escenas y secuencias (Martínez-Salanova, 2018). También es común que se realice un guion con bocetos o dibujos detallados de cada una de las escenas y las acciones de los personajes u objetos que aparecen en las mismas, esto se le conoce como “storyboard”.

Generalmente, el guion se divide en tres partes que son la introducción del tema a presentar, el desarrollo (que es el cuerpo del guion) y por último las conclusiones (Duarte y Posadas, 2013); sin embargo, depende de cada equipo de trabajo tomar la decisión de si seguir con el formato clásico para realizar un video o buscar formas alternativas para conducir al espectador.

## 2.2 Nuevas tecnologías en la enseñanza

Actualmente asistimos a lo que podría entenderse como una reversión del proceso de especialización, institucionalización y especificación del aprendizaje y de la educación. Este proceso es posible gracias a las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación, en primer término, gracias al desarrollo de la internet y otras infraestructuras de almacenamiento, procesamiento y transmisión de la información, pero, más allá de estos requisitos tecnológicos, se trata sobre todo de un proceso social consistente en el despliegue de nuevas redes, nuevas comunidades y nuevos medios de comunicación social (Enguita, 2013).

El aspecto más evidente quizá sea la deslocalización de los procesos de educación y enseñanza. Si los viejos medios de comunicación de masas (radio y televisión, además de la prensa) y los soportes portátiles de almacenamiento de la información (cintas de vídeo, CD, DVD, además de los libros y discos) permitieron un tímido desarrollo de la educación a distancia, la internet, la informática personal, las redes de comunicación y la web 2.0 posibilitan el despliegue de nuevos entornos personales de aprendizaje y nuevas formas de enseñanza en línea, convirtiendo cualquier lugar en escenario potencial de aprendizaje sistemático y de enseñanza. Si en un primer momento la informática y la internet pudieron requerir espacios todavía más específicos como las aulas de informática y las conexiones por cable, con el despliegue de las redes inalámbricas y los dispositivos móviles no sólo se puede llevar el aprendizaje a cualquier lugar, sino que también puede llegar a los profesores e instituciones virtuales (Enguita, 2013).

Al deslocalizarse la educación, no sólo es posible desarrollar actividades de aprendizaje autónomo en cualquier momento, dado que la infraestructura se lleva fácilmente encima, sino que, asimismo, la mayor parte de las actividades de aprendizaje (del alumno) y buena parte de las de enseñanza (del profesor) que son parte de la educación formal pueden también descomponerse para luego secuenciarse de cualquier manera, sin estar sujetas a los horarios, ni calendarios escolares, ni disponibilidad de espacios comunes, ni a la accesibilidad inmediata de la otra parte (docente o estudiante) (Enguita, 2013).

La comunicación asíncrona, el almacenamiento de información en cualquier formato digital a un costo tendente a cero, la automatización de diversas tareas y la individualización de los procesos de aprendizaje rompen la dependencia de aprendizaje y enseñanza respecto del horario, el calendario y el ciclo escolar (Enguita, 2013).

En el aprendizaje basado en la internet, las redes y los nuevos medios de información y el conocimiento se ofrecen, en cualquier momento, en su totalidad, sujetos sólo a ciertas dependencias lógicas o de camino, que desde luego nunca fueron la única base de la secuenciación de las enseñanzas institucionalizadas (Enguita, 2013).

No sólo se descentra el aprendizaje sino también la enseñanza. Nos hemos acostumbrado a hablar de la “sociedad del aprendizaje” para señalar la ampliación temporal, espacial y funcional de los escenarios de este, pero quizá no prestamos suficiente atención a la ampliación de la oferta de enseñanza más allá de la institución escolar, al despliegue de la “sociedad de la enseñanza”. El alumno que tiene dificultades o que simplemente no se siente satisfecho con las explicaciones de su profesor o su libro de texto puede hoy encontrar fácilmente otras fuentes de contenido y otros métodos, acudir a los materiales adicionales que ofrecen en la red numerosas editoriales escolares y administraciones educativas, recurrir a repositorios de toda clase de recursos en soporte digital desde la *KhanAcademy* hasta el *Rincón del Vago*, sumarse a comunidades de interés más o menos estables y solventes relacionadas con sus objetivos o simplemente buscar ayuda experta por todo lo ancho de la internet (Enguita, 2013).



## **CAPÍTULO III – Ciencias Forenses**

La Ciencia Forense es un campo interdisciplinario que creció por la necesidad de aplicar el conocimiento de múltiples ciencias como física, biología, psicología, geología y especialmente la química para analizar evidencias obtenidas de una escena del crimen. El enfoque de un laboratorio criminalístico de ciencia forense es, mediante el uso del método científico, aplicar principios y leyes aprendidos en cursos de química tradicional para aportar a la resolución de un crimen a cualquier nivel, ya sea que se trate de un robo en casa-habitación hasta la desaparición de material radiactivo en plantas nucleares (Johll, 2008).

Un químico forense es un profesional capaz de determinar la naturaleza de un problema analizando (identificar y caracterizar) la evidencia (cabello, pintura, vidrio, sangre, telas, polímeros, etc.) obtenida en una escena del crimen, formular una hipótesis de lo sucedido y comprobarla aplicando sus conocimientos de diferentes disciplinas (química, biología, ciencia de materiales, genética, etc.) para llegar a una conclusión que ayude a esclarecer un hecho delictivo.

### **3.1 Relevancia y popularidad**

A nivel mundial, la relevancia de las ciencias forenses en la impartición de justicia ha ido en aumento de forma proporcional a la posibilidad de obtener información cada vez más confiable de los indicios obtenidos en un lugar donde se ha cometido un crimen de forma que la operación de los sistemas judiciales también se ha visto modificada gracias a los avances tanto tecnológicos como en el conocimiento de la ciencia forense para esclarecer un delito (Sosa, 2017).

Por otro lado, en los últimos años han surgido una serie de programas televisivos con temáticas forenses, tal como; *Mindhunter* 2017, *Dexter* 2006, *Rake* 2010, *The Fall* 2013, *White Collar* 2009, *True Detective* 2014, *The Blacklist* 2013, *Criminal Minds* 2005, *CSI* 2000, etc., los cuales generan un gran interés en el público ya que muestran la investigación de diferentes casos criminalísticos. A pesar de que estos programas presentan una imagen distorsionada o exagerada de la ciencia forense, resaltan dos de sus principales características: la complejidad de los casos que son únicos e irrepetibles, y la frecuente participación de varios profesionales y especialistas para la resolución del delito (Sosa, 2017).

Cabe aclarar, que un químico forense casi nunca realiza todo el trabajo de investigación del crimen, sólo está a cargo de identificar y caracterizar la evidencia recolectada en una escena del crimen involucrando un extenso conocimiento sobre técnicas y pruebas (American Chemical Society, 2005). Sin embargo; ante un juicio frente a la corte, cada especialista debe ser capaz de sustentar sus declaraciones describiendo los métodos y metodologías usados, un análisis estadístico de cada caso, el alcance y limitaciones de cada técnica empleada y establecer estándares técnicos nacionales (Sosa, 2017).

### **3.2 Enseñanza de la química bajo un enfoque de contexto forense**

La enseñanza de la química a través de los temas forenses puede realizarse bajo un enfoque de “ciencia, tecnología y sociedad” (CTS) que se centra en aspectos sociales relacionados con las ciencias (en este caso, la ciencia forense) y la tecnología (Sosa, 2017).

Desde un punto de vista académico para los estudiantes de química, el estudio de una investigación criminal proporciona un estudio de caso ya que ellos pueden considerar a la evidencia encontrada en el lugar del crimen como un material cuya composición es desconocida, fue sometida a reacciones químicas o cambios de fase y de la cual se necesita determinarse su composición (Johll, 2008) por lo que refuerzan y aplican el conocimiento adquirido en diferentes materias cursadas a lo largo de la carrera universitaria. Además, se desarrollan habilidades de pensamiento científico en los estudiantes ya que buscan la mejor manera de obtener y procesar los indicios, elaborar reportes y evaluar la calidad de estos, proponer métodos de investigación y desarrollar el trabajo bajo fundamentos científicos (Sosa, 2017).

#### **3.2.1 Características actuales y tendencias en la formación en Ciencia Forense**

No es de extrañar las licenciaturas en Ciencia Forense surgieron en instituciones de educación superior de países como Estados Unidos y Reino Unido. Conservan un enfoque científico con fuerte carga de asignaturas del área química, médica y biológica, con orientación hacia el derecho, y una base de estudio que se puede encontrar en la criminalística y la criminología.

En junio del 2004 el Departamento de Justicia de los Estados Unidos de Norteamérica publicó el documento “*Educación y Capacitación en Ciencia Forense. Una Guía para*

*Laboratorios, Instituciones Educativas y Estudiantes de Ciencia Forense*” que habla de varios elementos relacionados con la formación profesional del científico forense:

- Los estudios en Ciencia Forense requieren de una sólida formación en ciencias naturales y método científico con énfasis en el desarrollo de habilidades para solucionar problemas; además de amplia experiencia de trabajo en laboratorios, preferentemente interdisciplinarios.
- Esta formación necesita ser complementada con prácticas profesionales rotacionales en agencias del Ministerio Público, laboratorios, servicios médicos forenses y juzgados.
- Considerando la creciente participación que se prevé de este profesional en los juzgados, requerirá de habilidades de comunicación oral y escrita que fortalezcan su actuación.
- Se recomienda asegurar que los licenciados en Ciencias Forenses tengan opciones de educación y desarrollo continuo así como de estudios de posgrado en los niveles de especialización, maestría y doctorado, guardando el equilibrio entre la formación teórica, de laboratorio y de investigación.

Es por esto, que los planes de estudio de los cursos en Ciencia Forense mantienen una preparación científica que cumplen con la cadena de custodia del material sensible significativo y que, con ello, se marque la diferencia en el proceder de los profesionistas, para que sus hallazgos sean demostrables, veraces y sin lugar a duda en sus dictámenes y peritajes.

### **3.2.2 Licenciatura en Ciencias Forenses de la UNAM**

La Facultad de Medicina de la UNAM, desde el 2013 ofrece a los estudiantes la licenciatura en Ciencias Forenses la cual busca formar profesionistas que tengan funciones cercanas al Ministerio Público, al Fiscal, al Juez y a la autoridad competente a quienes les aportará los diferentes resultados del proceso de investigación.

Esta visión surgió de la insuficiencia de científicos forenses entrenados en México y aunque han surgido muchas escuelas particulares que ofrecen preparar peritos para el sistema judicial, estos pueden o no contar con la formación profesional necesaria para realizar la función pericial ya que se han formado en cualquiera de los tres siguientes casos:

- 1) Varios elementos de las fuerzas policiacas llevan un breve entrenamiento en el área de criminalística y se acreditan como peritos en diferentes áreas como: Balística, Dactiloscopia, Fotorgrafia, etc.
- 2) Licenciados en diferentes carreras que toman cursos bien diseñados en institutos de las procuradurias de justicia del país, sin embargo; estas escuelas tienen dificultades para darse abasto en el entrenamiento de todos los solicitantes por lo que surgen academias particulares con cursos medianamente diseñados que provocan grandes y graves deficiencias en los alumnos.
- 3) Por último, egresados de diversas licenciaturas que toman cursos de maestría en escuelas y facultades no necesariamente involucradas en la formación de profesionales en ciencias forense, y por lo tanto; termina con una orientación diferente a la requerida.

La oportunidad de establecer esta licenciatura se centra en la necesidad del sistema judicial de contar con expertos profesionales en Ciencia Forense que puedan comparecer ante los ministerios públicos, el fiscal o ante los jueces en los juicios el Sistema de Justicia Penal Acusatorio, con la preparación necesaria para hacer la reconstrucción del lugar de los hechos con bases científicas. Esto le aportará al sistema judicial la verdad histórica de los hechos para que los indiciados reciban la sentencia que les corresponda, ya sea exculpatoria o de culpabilidad.

### **3.2.2.1 Perfil del profesional en Ciencias Forenses**

Los alumnos de la licenciatura en Ciencias Forenses al final de los estudios, de acuerdo con el “Plan de estudios de la licenciatura en Ciencia Forense” de la Facultad de Medicina de la UNAM, cumplirán con el siguiente perfil de orientación por competencias esquematizado en la Figura 4:



Figura 4: Perfil de orientación de competencias de la licenciatura en Ciencias Forenses de la Facultad de Medicina de la UNAM.

En concreto, la Facultad de Medicina propone un plan de estudios con práctica en escenarios reales de la UNAM y del sector jurídico; así como, el uso intensivo de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC's) mediante un soporte multimedia e internet. Requiere de diversas instalaciones por lo que aunque el escenario educativo inicial será dentro de la Facultad de Medicina, también colabora con otras dependencias universitarias como el Instituto de Investigaciones Antropológicas y las Facultades de Ciencias, Derecho, Filosofía y Letras, Psicología y Química.

En esta última, es donde los estudiantes adquieren habilidades para identificar, caracterizar y analizar evidencias aplicando los conocimientos de química; así como ser capaces de

coordinar la investigación de un hecho delictuoso a través del método científico. Sin embargo, considerando que en la Facultad de Química los estudiantes reciben una amplia y profunda educación sobre los elementos que integran el método científico, así como su aplicación, el uso integral de conocimientos adquiridos en diferentes disciplinas, participan en la generación de conocimiento en la Ciencia Química mediante investigación utilizando las técnicas y métodos correspondientes, entre otras habilidades, no está de más sugerir que en la facultad podrían abrirse materias optativas con el tema específico de Ciencia Forense para especializar a los alumnos no sólo de la Facultad de Medicina, sino también de todas las carreras impartidas en la Facultad de Química en los métodos, procesos y limitaciones de las diferentes formas de procesar indicios durante la investigación de un delito.

# METODOLOGÍA

La metodología para el desarrollo de la herramienta didáctica que tiene como objetivo este trabajo consistió en seis etapas las cuales fueron:

- a) La creación de los guiones para cada video-tutorial.
- b) Diseño de los personajes y escenarios digitales.
- c) Animación de los recursos digitales.
- d) Grabación de escenarios y pruebas experimentales.
- e) La edición de sonido.
- f) El diseño de la herramienta de evaluación del recurso audiovisual mediante rúbricas.

A continuación, se describe a detalle cada una de las etapas.

## **a) Creación de guiones**

El primer paso en la creación de los video-tutoriales fue elaborar los guiones que sirvieron como un elemento guía para la realización de cada uno de los videos.

Estos guiones son importantes ya que en ellos se describen en forma narrativa todas las indicaciones de lo que se quiere representar en los video-tutoriales; ya sea los movimientos de cámara, las acciones de los personajes, la información sobre el escenario, el sonido, cuadros de texto, etc.

Para esta etapa se tomó como referencia el Manual de Química Forense Experimental, el cual fue un trabajo previo que se elaboró como un apoyo en la enseñanza experimental de la Química Forense para la carrera de Química. Dicho manual aborda el análisis de evidencias de distinta naturaleza en una serie de protocolos adaptados al laboratorio de enseñanza, además de seguir las directrices de la Química Verde. Cada protocolo se enfoca en la investigación de un acto delictivo, para lo cual el alumno se enfrenta a un escenario que le permite obtener información valiosa relacionada a las evidencias permitiéndole emitir un dictamen respecto al análisis realizado y su relación con la escena del crimen.

Con esta base, se adaptó a forma de guion algunos de los protocolos presentados en este manual bajo un diseño que consideró los siguientes aspectos:

- Imagen: esta es la representación gráfica de lo que se quiere presentar a los alumnos; es decir, es el ejemplo de la escena del crimen, sus componentes y la demostración de las pruebas cualitativas de una forma visual.
- Animación: en esta columna se describen los movimientos de cámara, personajes u objetos de los que se compone la imagen, ya sean teóricos o experimentales.
- Narración/Tiempo: se escribe el texto de la voz *en off* (retransmisión de la voz de un individuo el cual no se encuentra visualmente delante de la cámara durante la producción del video) la cual sonará como voz en el video y que va describiendo las situaciones que van ocurriendo en la animación. También aquí se hacen anotaciones de cuánto tiempo se quiere que dure una imagen, objeto o texto en la pantalla.
- Texto: esta columna sirve para anotar en qué escenas habrá un texto que acompañe a la imagen ya sea para hacer énfasis en los cambios de cada sección del video o para complementar la imagen mostrada.

A modo de ejemplo, en la Tabla 1 se presenta un extracto del guion de “Identificación de Sustancias Controladas”, donde lo primero que se pretende es ubicar la escena del crimen, es decir, el sitio donde se llevó a cabo un hecho delictivo. Para este caso, se presenta un mapa de la República Mexicana a la que se le hace un zoom para visualizar una cabaña donde se ubica un laboratorio clandestino; posteriormente a la escena entran los personajes que serían el ejército, personal del Ministerio Público y los Químicos Forenses para recolectar y hacer un análisis rápido mediante pruebas presuntivas cualitativas *in situ* para la identificación de drogas en la escena. El guion completo se presenta en el capítulo de Resultados.

Tabla 1. Extracto del guion de Identificación de Sustancias Controladas.

CONTENIDO	IMAGEN	ANIMACIÓN	NARRACIÓN/TIEMPO
1. Introducción	República Mexicana	Recorrer mapa lentamente hasta zona montañosa y hacer zoom.	Voz en off: “La Policía Federal localizó tres plantíos de amapola. Una vivienda se utilizaba como laboratorio clandestino para producir heroína.”
2. Escena del crimen	Laboratorio clandestino	Zoom al laboratorio clandestino donde entra un químico forense y un soldado.	Voz en off: “Varias muestras recolectadas fueron dispuestas a la PGR para investigación por parte de los Químicos Forenses”
3. Laboratorio de análisis	Químico dentro de laboratorio	Muestra de las disoluciones a utilizar para el análisis.	Voz en off: “Una identificación química rápida consiste en realizar pruebas cualitativas que identifican la presencia o ausencia de grupos funcionales específicos”



CONTENIDO	IMAGEN	ANIMACIÓN	NARRACIÓN/TIEMPO
4. Procesamiento de evidencias	Prueba a la gota	Evidencia dentro de un tubo de ensayo y agregar gota de disolución.	Voz en off: <i>"Pruebas a la gota realizadas en la escena permiten emitir un veredicto rápido y confiable para planear de análisis específicos posteriores"</i>
5. Resultados	Tubo de ensayo	Imagen dividida en 3 mostrando los tres colores posibles.	Voz en off: <i>"Se observa un cambio de color a azul, morado o verde ya que forma compuestos de coordinación por enlazamiento del oxígeno fenólico y el centro metálico"</i>

## b) Diseño de personajes y escenarios digitales

En esta etapa se realizó el contenido gráfico de cada video-tutorial de forma digital. Los escenarios plantean la escena del crimen que se quiere ilustrar y los personajes son los encargados de llevar al espectador por los pasos del procedimiento experimental.

Este diseño se realizó con el programa Adobe Illustrator CC 2018, considerando las imágenes y animaciones descritas previamente en el guion por lo que se pensó cuidadosamente en la mejor manera de representar una escena del crimen.

Se decidió por presentar el escenario (Figura 5) en tonos monocromáticos para que al momento de explicar los elementos de los que se compone la escena del crimen, estos aparezcan en colores contrastantes y llamativos para dejar claro cuál es el punto importante en cada sección del video.

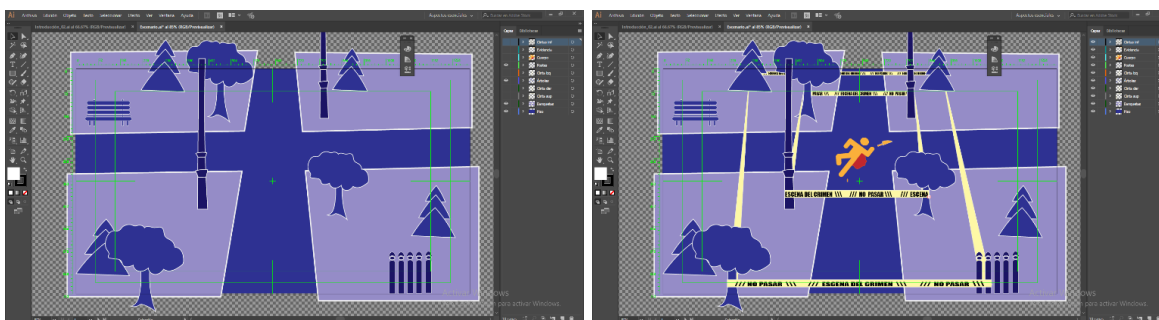


Figura 5: Escenario desarrollado en Adobe Illustrator.

También se realizó el diseño de otros personajes claves del proceso forense (Figura 6); para este caso es el personal del Ministerio Público, un Químico Forense y la presencia de la Policía. A lo largo de casi todos los protocolos, en el planteamiento de la escena del crimen, estas tres figuras son fundamentales para iniciar el proceso de manejo, preservación y procesamiento de la evidencia relacionada a un hecho delictivo y con ello contribuir a la resolución del crimen durante el juicio.

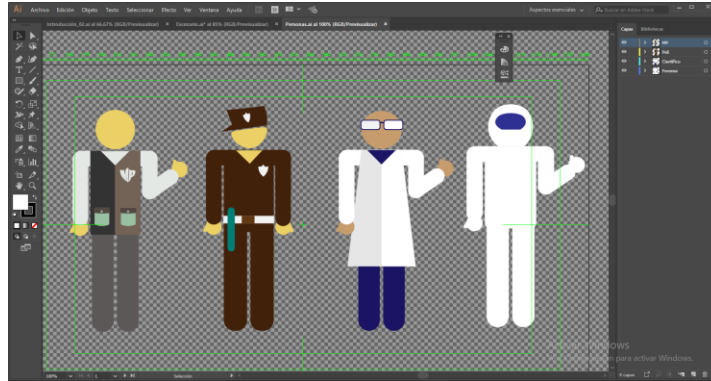


Figura 6: Personajes desarrollados en Adobe Illustrator. De izquierda a derecha son el personal del Ministerio Público, Policía, Químico Forense para el laboratorio y Químico Forense de la escena del crimen.

Por último, al inicio de todos los videos se agregó un título (Figura 7) con el nombre del protocolo que se va a presentar. Se diseñó el texto del título y algunas palabras claves que contextualizan el tema.

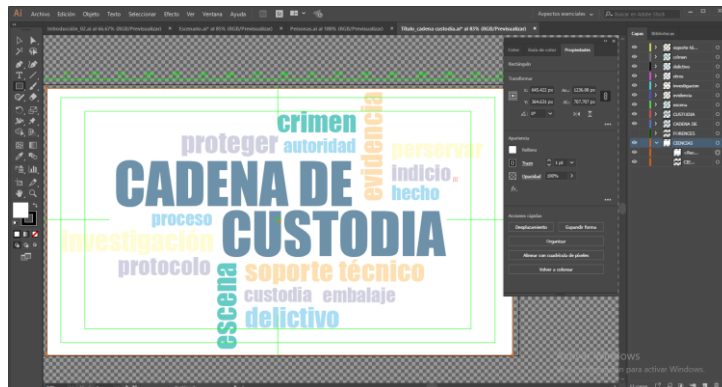


Figura 7: Diseño del título para el video-tutorial de Cadena de Custodia en Adobe Illustrator.

### c) Animación de recursos digitales

Como los videos no son una serie de imágenes estáticas, es necesario crear movimientos y fluidez en los escenarios, con los personajes y los otros elementos de los que se compone cada escena descrita en los guiones. Se utilizó el programa Adobe After Effects CC 2017 para crear la animación de cada elemento digital diseñado en las etapas anteriores (Figura 8).

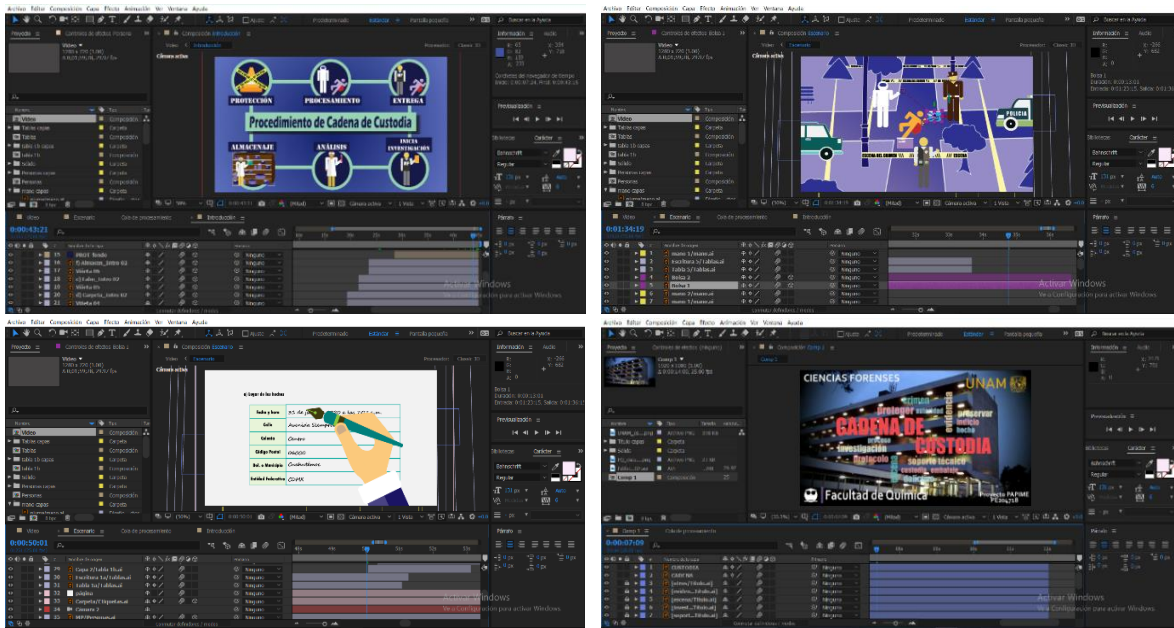


Figura 8: Ejemplo de la creación de la animación del video-tutorial mediante el programa Adobe After Effects.

Este programa permite modificar un escenario fotograma por fotograma que es algo equivalente a poder revisar segundo por segundo el movimiento de los objetos y personajes que deben ir apareciendo en cuadro de acuerdo con el guion planeado a fin de tener un movimiento fluido de cada elemento y con ello crear una animación.

Además, también permite agregar efectos de color, sonido, transiciones, movimientos de cámara, textos, desplazamiento de objetos, modificar la escala de los objetos, entre otras muchas funciones que dan como resultado un video de apariencia profesional y de alta calidad.

Sin embargo, es necesario aclarar que los dos programas previamente descritos se usan para realizar diseño gráfico o producción de efectos en videos a nivel profesional, son poco intuitivos y se necesita contar con tiempo y disposición para aprender a utilizar los comandos, herramientas y opciones que ofrece cada uno. Por esto mismo, para algunos detalles que necesitaban menos atención y detalle, se utilizó un tercer programa bastante amigable con un usuario sin conocimientos previos y que hace la producción de videos de una forma fácil e intuitiva. Este programa es Wondershare Filmora con el cual se ajustaron tiempos de la voz *en off*, se agregaron los créditos de cada video, música de fondo y otros detalles menores para cada video-tutorial.

## **d) Grabación de escenarios y pruebas experimentales digitales**

Algunos de los protocolos seleccionados no fueron creados por completo de forma digital; si no que se buscó la manera de representar físicamente el contenido del procedimiento experimental de forma que los alumnos vieran una simulación de la vida real. Para esto, se hicieron grabaciones del planteamiento de la escena del crimen, la parte experimental propuesta y los resultados obtenidos de los protocolos que así se determinaron.

Las sesiones de grabación se dividieron en dos contextos: escena del crimen y parte experimental. Primero se necesitó tiempo e imaginación para buscar las instalaciones o lugares donde se pudiera grabar las escenas lo cual significa montar escenarios de laboratorios clandestinos, entre otros, con la finalidad de crear el contexto de cómo y dónde fueron encontradas las evidencias que posteriormente se iban a analizar. Después el registro en video de las pruebas químicas que se deseaba ejemplificar; así como los respectivos resultados. Para lo cual, se siguió al pie de la letra el procedimiento experimental descrito en los protocolos del Manual de Química Forense Experimental; sin embargo, no se realiza un análisis de resultados para que los alumnos busquen por sí solos las respuestas de las preguntas planteadas en cada caso.

Cabe aclarar que para realizar estos experimentos y grabarlos se prepararon disoluciones, se generaron residuos de las reacciones y muestras utilizadas por lo que se realizó el tratamiento de residuos considerando el Reglamento para el Manejo, Tratamiento y Minimización de Residuos Generados en la Facultad de Química de la UNAM que puede consultarse en la página web de la facultad.

### **d. Conjunción de animación digital y recursos grabados**

Una vez más se hizo uso de los programas Adobe After Effects CC 2017 y Wondershare Filmora para integrar los videos grabados con la parte animada que ya se había realizado previamente. Principalmente, aquí se agregaron transiciones entre escenas y los títulos de las secciones experimentales para dividir los videos en los diferentes contenidos que fueron: introducción, escena del crimen, procedimiento experimental, resultados, conclusiones y créditos.

## **e) Edición de sonido**

Todos los videos vienen acompañados de una voz *en off* que va narrando los hechos presentados en cada imagen. Aquí el reto principal es encontrar la forma de grabar un audio

claro, con el menor ruido de fondo posible, a buen volumen y sin saturación de sonidos. Para esto, se utilizó un cuarto programa llamado Audacity 2.2.2, con el cual es posible grabar y posteriormente editar los fragmentos de audio para aumentar el volumen de la voz y reducir el ruido. Finalmente, el fragmento de audio se exporta e importa en Wondershare Filmora para ajustar los tiempos de la voz de acuerdo con las animaciones o grabaciones previamente editadas. Por último, este mismo programa cuenta con una serie de melodías de uso libre de las cuales se buscó la más adecuada para cada video.

Terminado todo este proceso, el archivo se exporta en un formato de video como mp4, MOV o avi dependiendo de dónde se busque reproducir el mismo (teléfono, tableta, computadora o página web) y con esto, los video-tutoriales se pueden dar por terminados, pero debe considerarse que constantemente se deben hacer modificaciones porque es un recurso que se debe mantener actualizado de acuerdo a los objetivos de enseñanza que el docente tenga planteado para sus estudiantes, así como de la retroalimentación de estos hacia la herramienta didáctica.

## **f) Diseño de la herramienta de evaluación del recurso audiovisual**

Ya se había mencionado en los antecedentes que un aspecto importante de los recursos didácticos es su evaluación ya que esta será, mediante elementos observables y medibles, la estimación de la eficacia del medio didáctico a lo largo del proceso de aprendizaje y con esto mejorar o seleccionar el material didáctico con mayor calidad para usarse durante la docencia.

### **f. La rúbrica**

En este caso, se propone como medio de evaluación a la “rúbrica” la cual (desde el contexto de herramienta de evaluación de los materiales audiovisuales didácticos desarrollados en este trabajo), es una guía de puntuación de desempeño de los video-tutoriales que describe las características específicas de estos en varios niveles de complejidad, con el fin de clarificar lo que se espera de ellos, de valorar su ejecución y de facilitar la proporción de retroalimentación.

Las rubricas también son herramientas didácticas capaces de contribuir significativamente a la mejora de procesos debido a que responden eficazmente a dos retos planteados por la evaluación: 1) Evalúan el desempeño del material didáctico con objetividad, y 2)

proporcionan retroalimentación significativa de los alumnos y emitir calificaciones en tiempos cortos (Buján & Aramendi, 2011).

Los elementos básicos que debe contener una rúbrica son los siguientes (Buján & Aramendi, 2011):

1. Identificar qué se desea evaluar.
2. Identificar las características o aspectos que se desean evaluar.
3. Describir un trabajo excelente según los aspectos identificados.
4. Describir un trabajo no aceptable o pobre según los aspectos identificados.
5. Describir los trabajos intermedios (mediante 3 a 5 categorías).

Por lo anterior, se estableció como objeto de evaluación la utilidad de los video-tutoriales como un apoyo en la enseñanza práctica de Química Forense. Por ello, los aspectos a evaluar se establecieron como:

- a) Técnicos: duración y velocidad adecuados, y audio con dicción y volumen claros.
- b) Contenido: informativo, profundidad con la que se cubre el tema, promoción de habilidades, invitación al estudio e investigación, así como contenido útil para la realización del trabajo experimental.
- c) Visuales: mantener la atención del espectador, textos claros y precisos, y relación congruente entre texto-imágenes-audio.

También se estableció una escala de indicadores con cuatro categorías: 4-muy bueno, 3-bueno, 2-suficiente y 1-deficiente; con esto se establece la información de si el recurso audiovisual es un trabajo excelente, intermedio o no aceptable por los alumnos.

Por último, se sometió a revisión la rúbrica una vez que los alumnos hubieran usado los materiales didácticos durante su proceso de aprendizaje. Un aspecto extra fue una retroalimentación en formato libre de los estudiantes donde pudieran expresar mejoras y cambios a los video-tutoriales, así como qué les habían parecido como complementos didácticos durante su curso experimental.

# RESULTADOS

## a) Creación de guiones

Se seleccionaron los protocolos con mayor potencial a desarrollar en tutorial empezando por el protocolo de Cadena de Custodia ya que es el más importante pues establece los lineamientos para manejar, preservar y procesar la evidencia relacionada a un hecho delictivo; posteriormente, se seleccionaron los protocolos de Identificación de Sustancias Controladas e Identificación de Polímeros donde los estudiantes pueden aplicar sus conocimientos de química orgánica y analítica experimental para validar los procedimientos. Finalmente se trabajó en el protocolo de Identificación de Fibras Textiles propuesto en el Manual de Química Forense Experimental.

Los guiones contienen cuatro secciones: título, introducción, contenido y conclusiones siguiendo un formato de procedimiento experimental para adecuarse al protocolo correspondiente. En cada una de estas secciones, se describe la imagen, animación de esta, la narración que es la voz en off o el tiempo que durará la imagen en escena y, por último, el texto.

Es importante aclarar que los guiones se diseñaron pensando en las infraestructura y equipo disponible en la Facultad de Química, de tal forma que los escenarios y evidencias no se encuentran completamente apegados a la realidad de un ejercicio forense, pero se buscaba ejemplificar de la forma más sencilla algunas actividades de la Química Forense Experimental.

A continuación, se presentan cada uno de los guiones:

1. Guion del protocolo de Cadena de Custodia.

CADENA DE CUSTODIA						
TÍTULO						
#	Narración/Tiempo			Animación	Imagen	Texto
1	Palabras: Cadena d custodia Evidencia Indicio Autoridad	Embalaje Preservar Proteger Ciencias forenses	Custodia Protocolo Escena	Texto pasando de izquierda a derecha	Una serie de palabras clave en un gráfico formando una composición.	Protocolo Cadena de Custodia
INTRODUCCIÓN						
2	Voz: Una Cadena de Custodia es un registro fiel del curso seguido por la evidencia desde su descubrimiento por parte de una autoridad hasta que esa autoridad ordene su conclusión.			Unir las imágenes con flechas (como en mapa mental).	Cadena que enlaza: 1. Protección del lugar de los hechos 2. Procesamiento de indicios.	N/A

#	Narración/Tiempo	Animación	Imagen	Texto
3	Voz: Es importante seguir un protocolo con los lineamientos básicos para la preservación y procesamiento de las evidencias relacionadas con un presunto hecho delictivo. Este protocolo consiste en: 1. Protección del lugar de los hechos 2. Procesamiento de indicios. 3. Entrega al Ministerio Público. 4. Inicio de la Investigación. 5. Manejo de indicios en laboratorios. 6. Y su almacenamiento	Colocar nombre de cada dibujo.	3. Entrega al Ministerio Público. 4: Inicio de la Investigación. 5. Manejo de indicios en el laboratorio. 6. Almacenamiento	Nombre de cada imagen debajo de las imágenes.
<b>CONTENIDO</b>				
4	Voz: Supongamos una situación: tenemos un parque donde un civil alertó que había una persona en el piso y que parecía haber sido asesinada.	Parque con árboles, un camino, una figura de persona en el suelo con una mancha de sangre.	Escena del crimen	N/A
5	Voz: Antes que todo, se debe resguardar el lugar de los hechos con la ayuda de los equipos de seguridad...	Colocar patrullas en la periferia	Escena del crimen	N/A
6	Voz: ...y acondicionar el lugar.	Colocar cinta amarilla cerrando el área	Escena del crimen	N/A
7	Voz: Después el grupo de soporte técnico en criminalística, que son peritos y químicos forenses, entran en escena e inicia el proceso de los indicios encontrados en el lugar.	Entra soporte técnico en criminalística: Peritos	Persona con traje completo de protección (blanco) y googles	N/A
8	Voz: El proceso de los indicios incluye <u>seccionar</u> (plaquitas amarillas), <u>describir</u> (lupa), <u>fotografiar</u> (cámara), <u>registrar</u> (carpeta), seleccionar los <u>contenedores</u> (frascos) y <u>embalar</u> (bolsas) los indicios en la misma escena.	Aparecer <u>etiquetas</u> (círculos) con cada paso del "proceso":	Etiquetas	N/A
9	Voz: Todo en presencia del personal proveniente del Ministerio Público para iniciar una Carpeta de Investigación y del procesamiento de los indicios.	Entra la persona del MP a escena y "vigila" el proceso de evidencia	Personal del MP	N/A
10	Voz: Además, deberán llenarse los formatos de...	Zoom a la carpeta que sostiene el perito	Personal de criminalística con carpeta en mano	N/A
11	Voz: ... el lugar de los hechos...	"Hojas" con la tabla	Tabla 1a	N/A
12	Voz: ...croquis del lugar...	Pasar página y dibujar croquis	Tabla 1b	Mapa del lugar
13	Voz: ...observaciones sobre el lugar de los hechos...	Pasar página y poner tabla	Tabla 1c	N/A
14	Voz: ... y la información obtenida del lugar.	Pasar hoja y "escribir" sobre el papel	Tabla 1d	N/A
15	Voz: Concentrándonos en el proceso de registro de indicios, una vez localizado cada evidencia dentro de una escena...	Regresar a escena del crimen	Escena del crimen	N/A
16	Voz: ...se inicia su registro asignando un número a cada evidencia, mismo que le corresponderá durante todo el proceso penal.	Ir apareciendo las plaquitas a lado de cada evidencia con número	Plaquitas amarillas a lado de cada evidencia	N/A
17	Voz: Y también se registra...	Zoom a la carpeta que sostiene el perito-químico	Perito-policía con carpeta en mano	N/A
18	Voz: ... una breve descripción y el estado en que se encontró.	Recorrer tabla de arriba abajo	Tabla 2a	N/A
19	Voz: Por último, se embalan las evidencias inventariadas en un empaque o contenedor adecuado...	Guardar indicios en frascos, cajas bolsas.	Bolsas, frascos, tubos con isopos, etc.	N/A
20	Voz: .... cerrado y etiquetado con su número asignado, fecha, hora, descripción y nombre de quién lo recolecta.	Zoom a etiqueta de contenedores con tabla de sección 5	Tabla 5 (ver borrador en papel)	N/A
21	Voz: Los siguientes pasos sería iniciar la investigación del hecho delictivo por parte del MP al mismo tiempo que los químicos forenses analizan los indicios dentro de un laboratorio.	Recorrer tabla de arriba abajo	Tabla 3	N/A
<b>CONCLUSIONES</b>				
22	Voz en off: En conclusión...	Aparece texto	Fondo negro con letras	Conclusión
23	Voz en off: ...una Cadena de Custodia [CC] establece los lineamientos básicos para la preservación y procesamiento de los indicios relacionados con un presunto hecho delictivo.	Aparece texto	Fondo negro con letras e imágenes	Lineamientos básicos para preservar y procesar indicios.



## 2. Guion del protocolo de Identificación de Sustancias Controladas.

IDENTIFICACIÓN DE SUSTANCIAS CONTROLADAS				
TÍTULO				
#	Narración/Tiempo	Animación	Imagen	Texto
1	Tiempo: 10 s (o lo necesario para leer título sin prisa)	Animar título	Estructuras moleculares de diferentes drogas	Identificación de SUSTANCIAS CONTROLADAS
INTRODUCCIÓN				
2	Voz en off: La Policía Federal localizó tres plantíos de amapola en Guerrero.	Aparece mapa de la República Mexicana que se recorre lentamente en diagonal	Mapa de México	N/A
3	Voz en off: En las inmediaciones de las plantaciones se encontró una vivienda que al parecer se utilizaba como laboratorio clandestino para la producción de heroína.	Zoom a áreas montañosas de Guerrero	Mapa de México	N/A
4	Voz en off: Varias muestras recolectadas en el sitio fueron puestas a disposición de la Procuraduría General de la República (PGR) para su investigación.	Zoom a la casa	Entre las montañas hay una choza y sembradíos	N/A
5	Voz en off: Los Químicos Forenses frecuentemente analizan muestras en laboratorios clandestinos donde el tiempo de identificación es crítico.	Zoom a la choza donde se encuentra el laboratorio clandestino.	Choza	N/A
6	Voz en off: Dentro de las sustancias se encuentran los narcóticos...	Entra en escena Químico forense (QF) para recolectar muestras.	Químico forense en laboratorio clandestino.	N/A
7	Voz en off: ... entre los cuales están la morfina, codeína, heroína y la oxycodona.	Zoom a área de recolección donde el QF está introduciendo una espátula en la sustancia.	Área de recolección: un barril metálico con líquido burbujeante	N/A
8	Voz en off: Por ello, una identificación química rápida...	Aparecen moléculas de morfina, codeína, heroína y oxycodona.	Moléculas	N/A
9	Voz en off: ... permite emitir un veredicto rápido y confiable para planear análisis específicos posteriores.	Termina recolección.	Moléculas	N/A
CONTENIDO				
Prueba de cloruro férrico $FeCl_3$				
10	Tiempo: 7 s	Animar subtítulo	QF dentro del laboratorio clandestino (fondo)	Prueba de cloruro férrico $FeCl_3$
11	Voz en off: La Prueba a la gota de Cloruro Férrico utiliza disoluciones de cloruro férrico a baja concentración para identificar fenoles...	Disolución de $FeCl_3$ con el nombre encima	Disolución de $FeCl_3$	Cloruro férrico $FeCl_3$
12	Voz en off: Primero se toma una pequeña cantidad de muestra y se coloca dentro de un tubo de ensayo o placa.	Colocar muestra dentro del tubo de ensayo	Tubo de ensayo con muestra	N/A
13	Voz en off: Luego se agrega un poco de disolución 0.1 M de $FeCl_3$ y se mezcla con una varilla.	Agregar gota de disolución dentro del tubo y mezclar	Pipeta con disolución y tubo	N/A
14	Voz en off: Pasados 30 s a 2 min se observa un cambio de color a azul, morado o verde...	Toma del tubo mientras pasa el tiempo (acelerar a 3 segundos)	Tubo de ensayo	N/A
15	Voz en off: ... esto sucede ya que se forman compuestos de coordinación...	Colocar $\checkmark$ a lado del tubo con imagen dividida en 3 mostrando los tres colores posibles	Tubo de ensayo	N/A
16	Voz en off: ... por enlazamiento del oxígeno fenólico de la muestra y el centro metálico de la disolución.	Sobreponer Figura 1 animada	Figura 1	N/A
17	Voz en off: Después de 3 minutos sin cambio de color se considera como reacción negativa.	Colocar $\times$ a lado del tubo	Tubo de ensayo	N/A
Prueba de ácido nítrico $HNO_3$				
18	Tiempo: 7 s	Animar subtítulo	QF dentro del laboratorio clandestino (fondo)	Prueba de ácido nítrico $HNO_3$

#	Narración/Tiempo	Animación	Imagen	Texto
19	Voz en off: La Prueba de Ácido Nítrico concentrado también se utiliza como revelador de fenoles.	Vaso de precipitados con disolución de HNO <sub>3</sub> con el nombre encima	Disolución de HNO <sub>3</sub>	Ácido nítrico (HNO <sub>3</sub> )
20	Voz en off: Para esta prueba se agrega un poco de muestra dentro de un tubo de ensayo o placa. Después se agrega disolución de HNO <sub>3</sub> al 10, 30 y 60 % y se mueve con una varilla.	Agregar gota de disolución dentro del tubo y mezclar NOTA: Pantalla dividida en tres	Pipeta con disolución y tubo	N/A
21	Voz en off: La formación de un precipitado rojo, café o amarillo indica la presencia de grupos fenólicos...	Colocar ✓ a lado del tubo con imagen dividida en 3 mostrando los tres colores posibles	Tubos de ensayo	N/A
22	Voz en off: ...pues sucede una nitración en posición orto al fenol y formación de un puente de hidrógeno con el grupo hidroxilo vecino.	Sobreponer Figura 2 animada	Figura 2	N/A
<b>CONCLUSIONES</b>				
23	Voz en off: En conclusión, las pruebas a la gota ayudan a identificar sustancias que presenten uno o varios grupos fenólicos lo que ayuda a discernir si en la escena del crimen hay o no sustancias controladas.	N/A	N/A	Texto con la conclusión por escrito

### 3. Guion del protocolo de Identificación de Polímeros.

<b>IDENTIFICACIÓN DE POLÍMEROS</b>				
<b>TÍTULO</b>				
#	Narración/Tiempo	Animación	Imagen	Texto
1	Tiempo: 10 s (o lo necesario para leer título sin prisa)	Texto aparece y se le hace zoom	Edificio A	<b>Identificación de POLÍMEROS</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>				
2	Voz en off: En el área forense la identificación de polímeros obtenidos en una escena del crimen ayuda a:	Zoom ligero a persona	Persona herida sobre pavimento	N/A
3	1. Reconstruir el hecho delictivo. 2. Identificar el origen de la muestra; es decir, si pertenece a la víctima o al victimario	Otra persona alertando y aparecen cintas para acordonar la zona.	Alerta a las autoridades	N/A
<b>Planteamiento de escenario</b>				
4	Voz en off: Tenemos una situación...	Transición entre escena anterior y la que sigue	Transición	N/A
5	Voz en off: ... en la que por la tarde un civil encontró el cuerpo de una chica abandonado cerca de unas bodegas.	Acercarse lentamente a la zona en donde se encontró el cuerpo	Escena del crimen	N/A
6	Voz en off: La policía y un equipo especializado en ciencias forenses llegaron a la escena del crimen.	Entran personal de ciencias forense al área donde se encontró el cuerpo	Químico forense y cuerpo	N/A
7	Voz en off: Los químicos forenses visualizaron varios pedazos de polímero incrustados en la suela de los zapatos de la chica...	Zoom a la suela de zapato	Químico forense arrodillado a lado del cuerpo	N/A
8	Voz en off: ... los cuáles se recolectaron para su análisis e identificación.	Recolección de pruebas	Zapato con polímeros	N/A
9	Voz en off: Con esta identificación es posible averiguar las propiedades físicas del material desconocido, como densidad y combustión, mediante pruebas preliminares que permiten reducir la lista de posibles polímeros.	Recolección de pruebas	Zapato con polímeros	N/A
<b>CONTENIDO</b>				
<b>Prueba de densidad</b>				
10	Tiempo: 7 s	Aparece título	Sólido con texto	<b>Prueba de densidad</b>
11	Voz en off: Para realizar las pruebas de densidad utilizaremos disoluciones de isopropanol al 60 y 20 %	Poner las disoluciones con su nombre	Disoluciones de isopropanol	Material
12	Voz en off: E hidróxido de sodio al 10, 20 y 50%	Poner las disoluciones con su nombre	Disoluciones de NaOH	N/A
13	Voz en off: Además de 5 pipetas graduadas para cada disolución y tubos de ensayo	Pasar las pipetas	Pipetas graduadas	N/A
14	Voz: Primero se toma un tubo de ensayo...	Tomar uno de los tubos	Gradilla con tubos	Procedimiento

#	Narración/Tiempo	Animación	Imagen	Texto
15	Voz: ... y se rotula con la etiqueta correspondiente a la primera disolución.	Rotular con plumón el tubo con el nombre de alguna disolución	Mano, tubo y plumón	N/A
16	Voz en off: En total se necesitan 5 tubos de ensayo cada uno rotulado de acuerdo al número de disoluciones.	Dejar el último tubo rotulado en la gradilla	Gradilla con tubos	N/A
17	Voz en off: Tomar 5 mL de alguna disolución con la pipeta...	Tomar alícuota	Frasco de disolución y pipeta	N/A
18	Voz en off: ...y verter en los tubos de ensayo	Verter la disolución (previamente medida en la probeta) en el frasco	Probeta y tubo	N/A
19	Voz en off: Las muestras pueden ser muy variadas como poliéster, vinil o poli-olefinas; sólo se necesitan disoluciones de densidad conocida.	Toma aérea de las diferentes muestras	Muestras	Muestras
20	Voz en off: Después se agrega un trozo de polímero muestra en uno de los tubos...	Dejar caer la muestra dentro del tubo	Zoom a tubo	N/A
21	Voz en off: ...y se hace lo mismo para cada tubo.	Dejar caer un pedazo de muestra en cada tubo	Cinco tubos con muestra	N/A
22	Voz: Por último se empuja suavemente la muestra con la varilla dentro de la disolución	Introducir agitador y empujar la muestra dentro del líquido	Zoom a disolución dentro del tubo	Observar
23	Voz: Se debe observar si la muestra se hunde o no en cada una de las disoluciones.	Dividir la imagen en dos con una muestra hundida y otra no hundida	Zoom a las muestras dentro de la disolución en un tubo	Resultados
<b>Prueba de combustión</b>				
24	Tiempo: 7 s	Colocar mechero en escena y conectar a fuente de gas	Mechero	<b>Prueba de combustión</b>
25	Voz: En una campana de extracción o en un lugar bien ventilado encender el mechero Bünsen, cuidando mantener una flama constante azul.	Encender mechero y ajustar flama	Mechero	Material
26	Voz: Colocar uno de los polímeros de referencia en una cucharilla de combustión o sostenerlo con una pinza...	Poner muestra dentro de la cucharilla	Cucharilla + muestra	Procedimiento
27	Voz: ... e introducir la muestra en el seno de la flama.	Introducir la muestra en la flama	Cucharilla dentro de la flama	N/A
28	Voz: Una vez encendida la muestra, retirar de la flama.	Retirar de la flama	Cucharilla fuera de la flama	Observar
29	Voz: Se buscará observar si la muestra se quema o carboniza...	Zoom a la muestra dentro de la cucharilla	Cucharilla fuera de la flama	N/A
30	Voz: ... el humo y color de este...	Humo saliendo de la muestra	Humo	N/A
31	Voz: ... si la muestra se mantiene encendida al retirarla de la flama o se auto extingue...	Muestra prendida una vez retirada del calor	Muestra	N/A
32	Voz: ... goteo, olor y tipo de residuo	Mostrar el residuo final dentro de la cucharilla	Muestra	Resultados
33	Voz: Los resultados de las pruebas se comparan con datos obtenidos por procedimientos certificados y tablas de las propiedades de polímeros.	Captura de pantalla del handbook de polímeros	Handbook de polímeros	Tabla
<b>CONCLUSIÓN</b>				
34	Voz en off: En conclusión...	Aparece texto	Fondo negro con texto	Conclusión
35	Voz en off: ...las pruebas físicas son elementos que permiten identificar la naturaleza de materiales desconocidos, por ejemplo: polímeros, mediante la comparación de propiedades físicas de materiales conocidos.	Aparece texto	Fondo negro con texto	Texto con la conclusión para que quede de forma visual

#### 4. Guion del protocolo de Identificación de Fibras Textiles.

<b>IDENTIFICACIÓN DE FIBRAS TEXTILES</b>				
<b>TÍTULO</b>				
#	Narración/Tiempo	Animación	Imagen	Texto
1	Tiempo: 10 s (o lo necesario para leer título sin prisa)	Aparición del texto de presentación	Facultad de Química y texto	<b>Identificación de FIBRAS TEXTILES</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>				
2	Voz en off: en el área forense la identificación de fibras textiles obtenidas en una escena del crimen ayuda a:	Cualquiera dentro de un laboratorio	Persona trabajando en un laboratorio	N/A

#	Narración/Tiempo	Animación	Imagen	Texto
2	1. Reconstruir el hecho delictivo. 2. Identificar el origen de la muestra; es decir, si pertenece a la víctima o al victimario	Cualquiera dentro de un laboratorio	Persona trabajando en un laboratorio	N/A
3	Voz en off: En este campo existen algunas pruebas cualitativas que ayudan a identificar evidencias en una escena del crimen.	Lupa moviéndose sobre el laboratorio	Lupa	N/A
4	Voz en off: Para el caso de las fibras se puede determinar la solubilidad en disoluciones ácidas y oxidantes, y caracterizar las fibras textiles por combustión.	Aparecen fotos de diferentes telas	Telas	N/A
<b>CONTENIDO</b>				
<b>Planteamiento de escenario</b>				
5	Voz en off: El escenario es el siguiente...	Toma de una casa	Casa habitación	N/A
6	Voz en off: Regresando del trabajo, el señor Guillermo se sorprendió de encontrar su casa hecha un alboroto.	Recorrer una habitación con los muebles desordenados y cosas tiradas en el suelo	Cuarto tirado	N/A
7	Voz en off: Sus muebles habían sido vaciados y sus artículos de valor robados.	Toma de un mueble sin cosas dentro	Muebles vacíos	N/A
8	Voz en off: Reportó a las autoridades el robo de su propiedad...	Señor. hablando por teléfono al 911	Marcar por teléfono	N/A
9	Voz en off: ... y al arribar a la escena del crimen la policía encontró, entre otras cosas, trozos de ropa desgarrada en la barda alambrada de la propiedad.	Enfoque a la barda con alambre de púas donde se vea la ropa enganchada	Barda alambrada y ropa	N/A
<b>Material</b>				
10	Voz en off: El material que se utilizará para esta práctica será:	Fondo blanco con título	Sólido con texto	<b>Materiales</b>
11	Voz en off: (enumerando) pinzas, pipetas graduadas, agitador de vidrio, mechero o encendedor, vidrios de reloj, gradilla con tubos de ensayo, pera de succión, cucharilla de combustión y papel adsorbente.	Fondo blanco donde se van colocando los materiales uno a uno	Materiales	Nombre de cada material conforme aparece en pantalla
12	Voz en off: Se recomienda etiquetar el material para evitar confundir las pruebas y recordar que debe estar limpio y seco.	Rotular con etiqueta los tubos de ensayo con los nombres de la disolución	Etiquetas sobre materiales	N/A
13	Voz en off: También se usará una disolución de ácido sulfúrico, hipoclorito de sodio y ácido clorhídrico	Toma de los frascos	Frascos con disoluciones	Disoluciones
<b>Prueba de solubilidad</b>				
14	Tiempo: 7 s	Aparece título	Sólido con texto	<b>Prueba de solubilidad</b>
15	Voz en off: Tomar una alícuota de 2 mL de la primera disolución...	Tomar alícuota	Frasco de disolución y pipeta	N/A
16	Voz en off: ...y verter en los tubos de ensayo	Verter la disolución en el frasco	Probeta y tubo	N/A
17	Voz en off: Agregar un trozo de fibra muestra en un tubo...	Dejar caer la muestra dentro del tubo	Toma del tubo (cerca)	N/A
18	Voz en off: ...y hacer lo mismo para cada uno.	Dejar caer un pedazo de muestra en cada tubo	Tres tubos con muestra	N/A
19	Voz: Empujar suavemente la muestra con la varilla dentro de la disolución y observar...	Introducir agitador y empujar la muestra dentro del líquido	Zoom a disolución dentro del tubo con la muestra	N/A
20	Voz en off: ...si la muestra se solubiliza o no en cada una de las disoluciones.	Dividir la imagen en 3: a la izquierda una muestra disuelta, en medio una a medio disolver y a la derecha una muestra no disuelta	Muestras dentro de la disolución en los tubos	N/A
<b>Prueba de combustión</b>				
21	Tiempo: 7 s	Colocar mechero en escena y conectar a fuente de gas	Mechero	<b>Prueba de combustión</b>
22	Voz: En una campana de extracción o en un lugar bien ventilado encender el mechero Bünsen, cuidando mantener una flama constante azul.	Encender mechero y ajustar flama	Mechero	N/A
23	Voz: Colocar una de las fibras muestra en una cucharilla de combustión o sostenerlo con una pinza	Poner muestra dentro de la cucharilla	Cucharilla + muestra	N/A
24	Voz: Introducir la muestra en el seno de la flama.	Introducir la muestra en la flama	Cucharilla dentro de la flama	N/A

#	Narración/Tiempo	Animación	Imagen	Texto
25	Voz: Una vez encendida la muestra, retirar de la flama.	Retirar de la flama	Cucharilla fuera de la flama	N/A
26	Voz: Se buscará observar si la muestra se quema o carboniza...	Zoom a la muestra dentro de la cucharilla	Cucharilla fuera de la flama	N/A
27	Voz: ... el humo y color de este...	Humo saliendo de la muestra	Humo	N/A
28	Voz: ... si la muestra se mantiene encendida al retirarla de la flama o se auto extingue...	Muestra prendida una vez retirada del calor	Muestra	N/A
29	Voz: ... goteo, olor y tipo de residuo	Mostrar el residuo final dentro de la cucharilla	Muestra	N/A
30	Voz: Los resultados se comparan con datos obtenidos por procedimientos certificados... y tablas de las propiedades de fibras textiles.	Captura de pantalla del handbook de telas textiles	Handbook de telas textiles	Tabla
<b>CONCLUSIÓN</b>				
31	Voz en off: En conclusión...	Aparece texto	Fondo negro con texto	Conclusión
32	Voz en off: ... la identificación de indicios, por ejemplo: fibras textiles, encontrados en una escena del crimen será fundamental para aportar a la aclaración sobre cómo ocurrió un hecho delictivo.	Aparece texto	Fondo negro con texto	Texto que diga la conclusión para que quede de forma visual

## b) Diseño de personajes y escenarios digitales

El diseño digital de escenarios y personajes se realizó principalmente para el protocolo de Cadena de Custodia ya que, debido a la naturaleza de la descripción de la escena del crimen, además de que es el único protocolo no experimental del Manual de Química Forense Experimental, no se consideró realizar ninguna grabación para anexar al videotutorial. Sin embargo, los otros videos también presentan algunos escenarios o elementos digitales.

Hay que tener en cuenta que cada elemento, personaje y escenario de los videos se diseñó con el programa Adobe Illustrator CC 2018.

En la Figura 9, en la primera hilera de imágenes se observa la creación de una cinta para acordonar la escena del crimen; empezando por hacer la línea base en forma de rectángulo amarillo, posteriormente agregando líneas negras a lo largo de la cinta y, por último, la creación del texto “NO PASE” y “ESCENA DEL CRIMEN” para crear mayor realismo en los elementos visuales.

En la siguiente hilera de imágenes, se ve la creación de un personaje secundario cuya función fue ser el civil encargado de dar la alarma de emergencia; el diseño de este personaje se realizó mediante figuras geométricas para formar el cuerpo y por último se agregaron detalles como boca y líneas representativas de una voz dando la alerta.

Finalmente, en la última hilera de imágenes se observa la creación del escenario empezando por el fondo, después se diseñaron las banquetas, árboles, postes de luz y

otros objetos para complementar la escena, y finalmente, se colocó a la víctima en el centro del escenario en un color contrastante para llamar la atención.

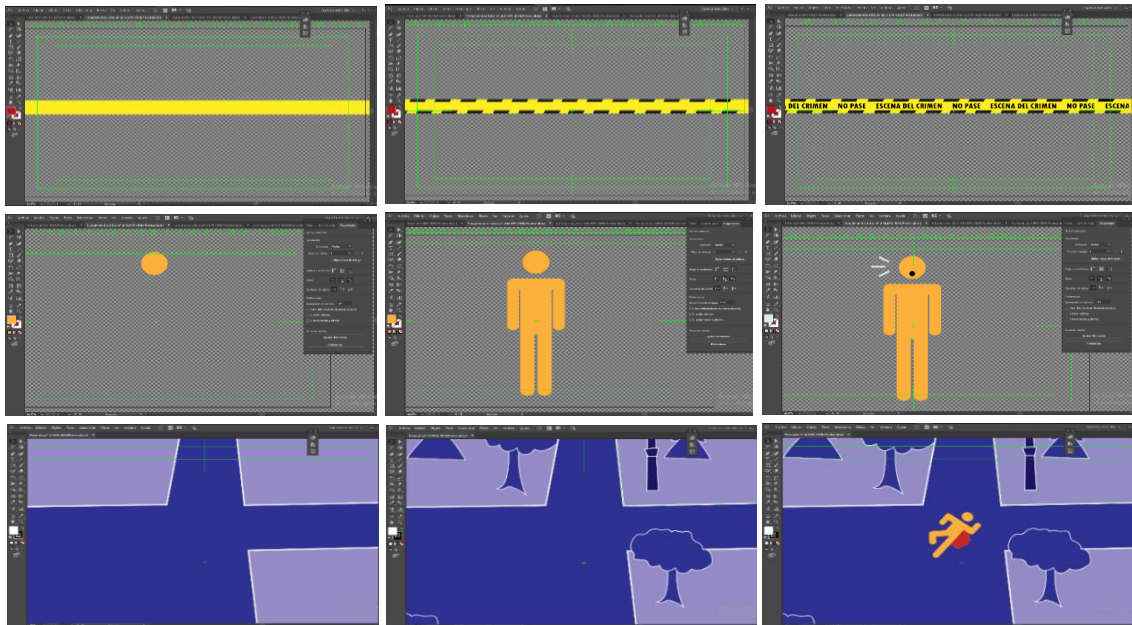


Figura 9: Capturas de pantalla del proceso de creación de algunos elementos y la escena del crimen del video-tutorial Identificación de Polímeros.

Para el diseño de los personajes principales, el proceso fue similar al personaje secundario de la figura anterior. En la Figura 10 se muestran capturas de pantalla del proceso para crear el Químico Forense dentro del laboratorio de análisis de muestras. Siguiendo un diseño geométrico, se empezó por la creación de cada parte del cuerpo y por último agregando detalles como los lentes, dedos pulgares y el cambio de tono de la bata.

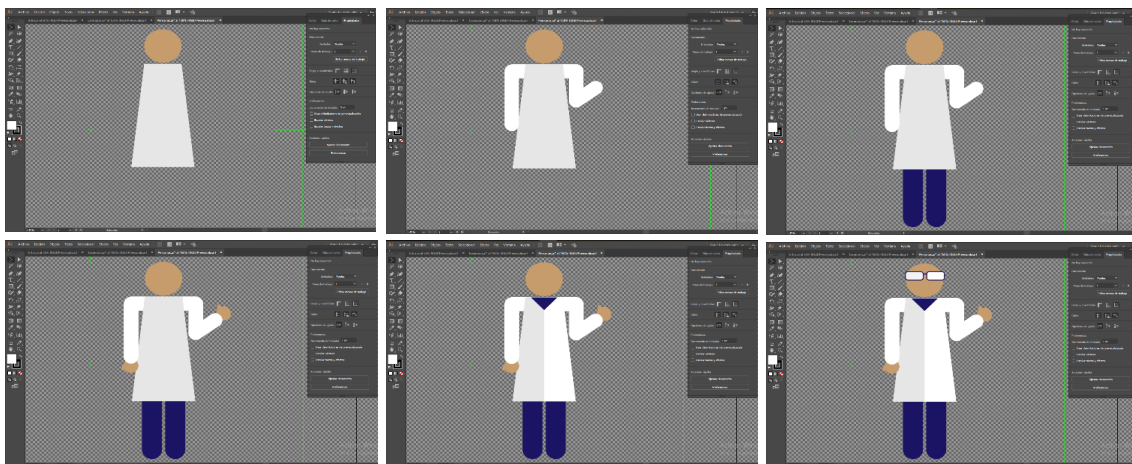


Figura 10: Capturas de pantalla del proceso de creación del Químico Forense del video-tutorial Cadena de Custodia.

### **c) Animación de recursos digitales**

Es hasta esta etapa que los tutoriales adquieren el formato de video mediante el programa Adobe After Effects CC 2017 con el cual se agrega movimiento cuadro por cuadro a los objetos, personajes y escenarios previamente creados basándose principalmente en la sección de animación planificada en los guiones; sin embargo, también se considera la voz *en off* ya que se necesita un movimiento fluido mientras se describe la situación y también tener pausas entre una acción y la siguiente.

En la Figura 11 se presenta una secuencia en formato de “storyboard” de la escena 4 a 7 del video-tutorial Cadena de Custodia donde la historia (de izquierda a derecha) es la siguiente:

*Nos encontramos en un parque donde un civil da la alarma de que sobre el piso se encuentra una persona presuntamente muerta sobre un charco de sangre. Además, en los alrededores de la víctima se encuentran diferentes tipos de restos de armas, entre otros objetos. Momentos después de la llamada de emergencia llegan a la escena del crimen diferentes personajes. El primero es una patrulla policial que se detiene a cierta distancia del cuerpo. Un Policía baja de la patrulla, se acerca a la víctima y se acordona el lugar con cintas para cerrar el perímetro del lugar, esto con la finalidad de que sólo pase el personal encargado de explorar la escena. Seguido de esta secuencia, enseguida se ve un segundo automóvil que corresponde al equipo de soporte técnico en criminalística por parte del Ministerio Público, el coche se acerca a la escena del crimen pasando por las cintas que rodean el perímetro y del coche baja un Químico Forense con traje completo de protección. Se acerca al cuerpo de la víctima para iniciar el procesamiento de las evidencias encontrados en la escena del crimen.*

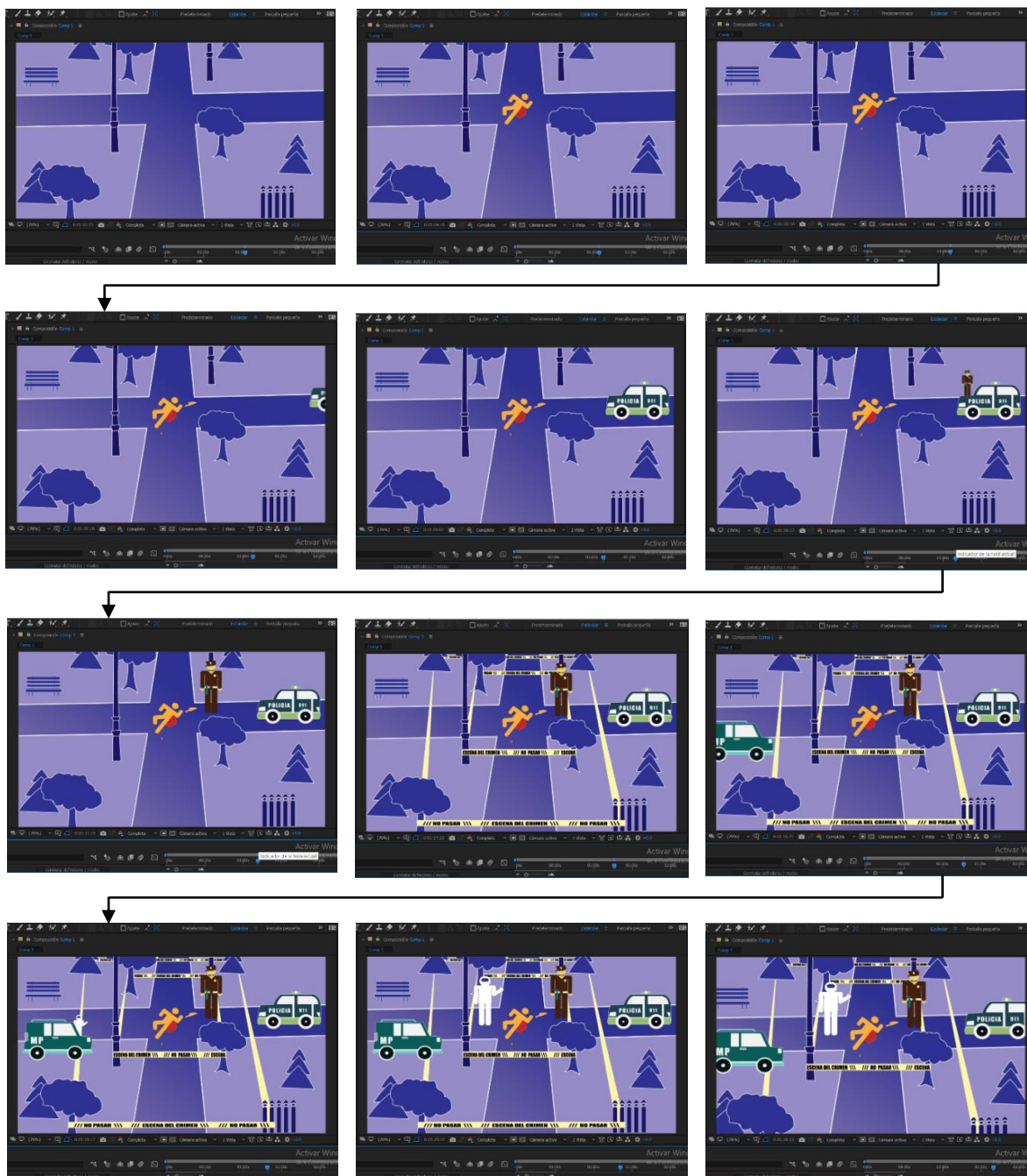


Figura 11: Capturas de pantalla en formato storyboard del video-tutorial Cadena de Custodia.

#### d) Grabación de escenarios y pruebas experimentales digitales

Los protocolos de Identificación de Sustancias Controladas, Identificación de Polímeros y Identificación de Fibras Textiles presentan el mismo formato: primero se presenta la escena del crimen donde se describe la situación y el cómo actúan los Químicos Forenses en cada



caso, después viene la parte experimental que consiste en describir cómo se puede identificar la naturaleza de las muestras encontradas, seguido de los resultados obtenidos y por último las conclusiones.

Aquí, a diferencia de la animación, se montó el escenario, se tomó una cámara y se grabó una acción para representar la escena. Por esto, en las siguientes imágenes se presentan las tomas grabadas y su secuencia de acuerdo con cada guion.

En la Figura 12 es un ejemplo de la grabación en un escenario. Se muestra un laboratorio clandestino el cual se va recorriendo para enseñar qué podría llegarse a encontrar dentro. Después se hace una toma fija a una de las mesas y entra a escena un Químico Forense para recolectar muestras. La siguiente toma es un acercamiento a la recolección de muestras donde el químico se encuentra haciendo su trabajo mientras la voz *en off* narra lo que sucede.

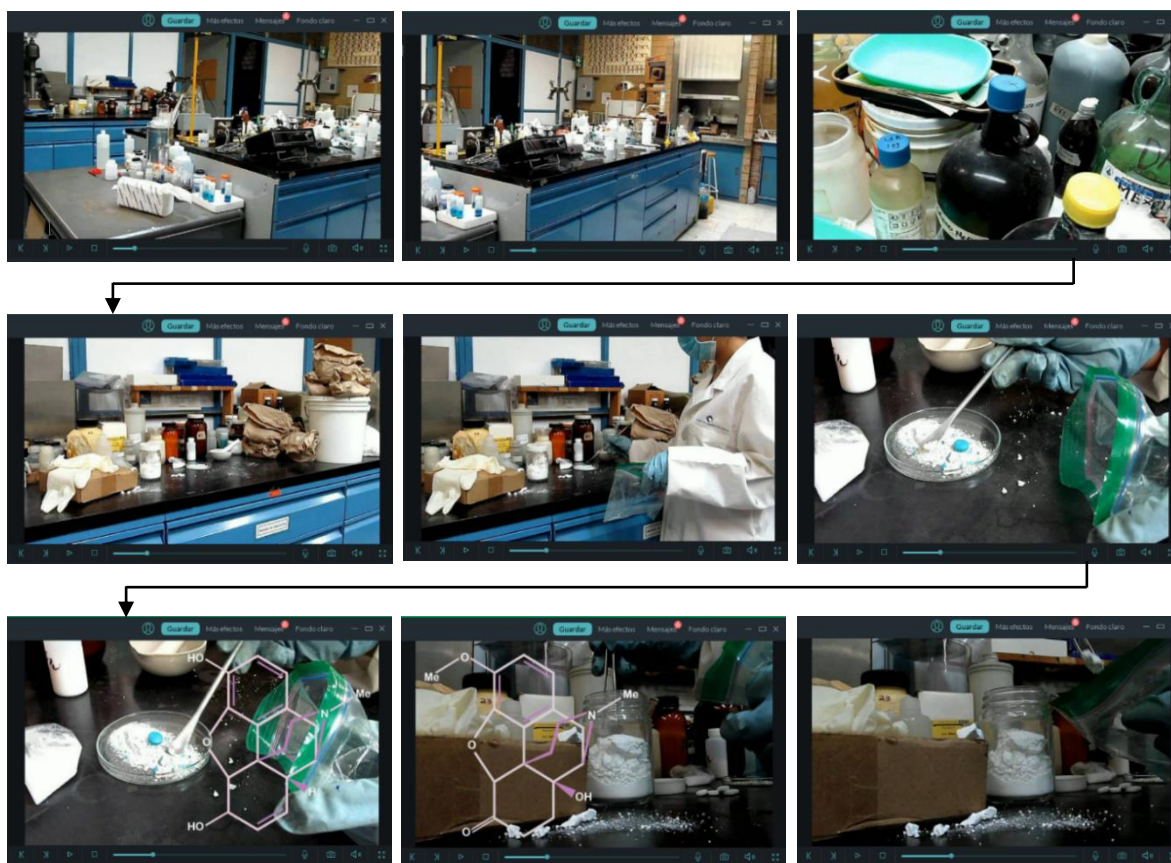


Figura 12: Capturas de pantalla en formato storyboard de la Introducción del video-tutorial Identificación de Sustancias Controladas.

Es importante mencionar que, en dos de los cuadros de la recolección de muestra, de forma sobrepuesta se observa la aparición de estructuras moleculares correspondientes a un narcótico en específico. Estas estructuras fueron digitalmente diseñadas en Illustrator y posteriormente animadas con Wondershare Filmora para aparecer por encima de la grabación de acuerdo con lo planeado en el guion.

Un ejemplo de grabación de un procedimiento experimental es la Figura 13 ya que inicia con una toma sobre una gradilla con un tubo de ensaye y una mano entra en escena para tomarlo. El tubo es etiquetado y regresado a su lugar, donde ya se encuentran el resto de tubos necesarios para el experimento. Sigue una toma a el resto del material. Se toma una de las disoluciones con una pipeta y se vierte en los tubos. Por último, se presenta la muestra a analizar y como se toma para colocarla en los tubos.



Figura 13: Capturas de pantalla en formato storyboard del procedimiento experimental del videotutorial Identificación de Polímeros.

Nuevamente, se puede observar elementos animados digitalmente como el título de “Procedimiento”. Este fue agregado durante la edición de los fragmentos grabados en parte

en el programa Adobe After Effects y en parte en Wondershare Filmora; además de transiciones entre escenas y cuadros de texto.

Por último, es importante recalcar que cada video-tutorial contó con un título que conjugó la animación y grabación de escenarios. Como se presenta en la Figura 14 primero se ve de fondo el edificio A de la Facultad de Química, después aparecen varios textos referentes a los patrocinadores de los videos (UNAM, la Facultad de Química, Ciencias Forenses y el número de proyecto PAPIME), y por último el título diseñado en Illustrator. Las palabras clave que aparecen durante el video, se mueven de un lado a otro para enfatizar las palabras del centro que corresponden al tema del video para finalmente desvanecerse mientras el título se agranda y ocupa la mayoría de la pantalla.



Figura 14: Capturas de pantalla en formato storyboard del título para el video-tutorial Cadena de Custodia.

## e) Edición de sonido

Por último, para finalizar los videos-tutoriales, se realizó la grabación de la *voz en off* previamente descrita en los guiones de cada protocolo que va narrando los hechos presentados en cada imagen. Para esto, primero se usó una grabadora con micrófono, después se exportó el audio al programa de edición Audacity 2.2.2 y lo editado, importar al programa Wondershare Filmora para ajustar los detalles finales sobre el video previamente trabajado como se presenta en la Figura 15.

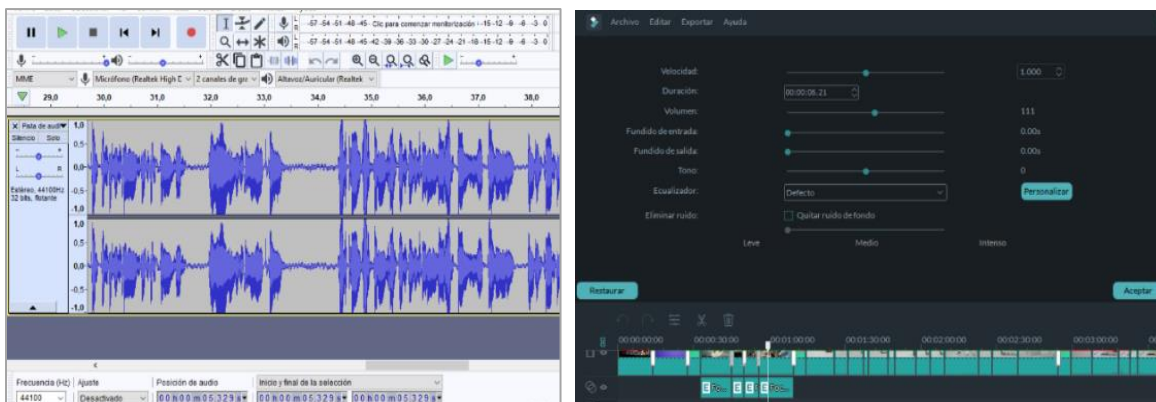




Figura 15: Edición de audio en los programas Audacity 2.2.2 (izquierda) y Wondershare Filmora (derecha).

## f) Diseño de la herramienta de evaluación del recurso audiovisual

Se diseñó una rúbrica (Tabla 2) como herramienta de evaluación del recurso audiovisual la cual considera diez preguntas que contemplan los aspectos técnicos, de contenido y visuales de cada video-tutorial. Estos se evalúan mediante una escala que es la siguiente: 4-muy bien, 3-bueno, 2-suficiente y 1-deficiente. Con esta escala se pudo medir la calidad del recurso didáctico con objetividad y consistencia.

Finalmente, se consideró muy importante que el evaluador de los video-tutoriales pudiera aportar una retroalimentación en un formato libre por lo que se agregaron unos renglones para expresar abiertamente su opinión.

Tabla 2. Rúbrica diseñada para la evaluación de los recursos audiovisuales.

	<b>RÚBRICA</b> Indicadores: 4 Muy bueno, 3 Bueno, 2 Suficiente, 1 Deficiente.				
<b>CATEGORÍA</b>		<b>INDICADORES</b>			
1) En el video la duración y velocidad del contenido es aceptable.	4	3	2	1	
2) El video mantiene la atención del espectador.	4	3	2	1	
3) El audio del video tiene una dicción y volumen claros.	4	3	2	1	
4) Los textos que aparecen en el video son claros y precisos.	4	3	2	1	
5) En el video el audio, texto e imagen guardan una relación congruente.	4	3	2	1	
6) El video es informativo y cubre con profundidad el tema tratado.	4	3	2	1	
7) El video promueve el desarrollo de habilidades mediante ejemplos.	4	3	2	1	



8) El video refleja el aprendizaje que se pretende que se adquiriera.	4	3	2	1
9) El video invita al estudio e investigación del tema tratado.	4	3	2	1
10) El video presenta contenido útil para llevar a cabo el trabajo experimental.	4	3	2	1
¿Tienes alguna recomendación para mejorar el material audiovisual? _____ _____ _____ _____				

Así mismo, la rúbrica fue probada en el grupo de Química Analítica Experimental III del semestre 2019-2 donde los alumnos al inicio del semestre se les da un proyecto de validación de un procedimiento experimental a realizar durante todo el semestre donde repitieron varias veces las pruebas experimentales para poder realizar la validación del protocolo correspondiente.

Por ello, al inicio del semestre se realizó la evaluación de los video-tutoriales con dos dinámicas las cuales se describen a continuación:

1. Los alumnos se dividieron en dos grupos. A uno de ellos se les entregó primero el protocolo experimental con el procedimiento (a modo de ejemplo para este trabajo) de Identificación de Sustancias Controladas y una vez leído, se les mostró el video-tutorial. Por último, se les entregó la rúbrica de evaluación para que calificaran el video-tutorial. Una vez realizada la evaluación, empezaron a desarrollar su proyecto de validación.
2. Al segundo grupo tuvo una dinámica diferente que consistió en mostrarles primero el video-tutorial y después se les entregó la rúbrica sin el contexto del protocolo con el procedimiento experimental. Una vez realizada la evaluación se les entregó el protocolo experimental para que empezaran a desarrollar su proyecto de validación.

Evaluando las reacciones de los alumnos se pudo estimar de forma medible la eficacia de los video-tutoriales como una herramienta ilustrativa para entender el procedimiento experimental de los protocolos o como una herramienta complementaria para la enseñanza de la Química Forense Experimental.

Las respuestas de los alumnos se promediaron en dos grupos (el grupo que leyó el protocolo y vieron los video-tutoriales, y el grupo que sólo vio los video-tutoriales) y se graficaron (Figura 16) para su análisis. Se pudo observar que la herramienta didáctica presenta un desempeño adecuado en los aspectos técnicos, de contenido y visuales. Siendo el desarrollo de habilidades mediante ejemplos y la invitación al estudio e investigación del tema los aspectos mejor ponderados. Ambos grupos coinciden en que el video-tutorial es llamativo, audio con buena dicción y volumen adecuado, se presenta información con la profundidad necesaria para el tema, así como que presenta contenido útil para realizar el procedimiento experimental. Sin embargo, también se destaca que puede mejorarse la fluidez del contenido y ampliar la información de los textos. El aspecto más criticado fue la congruencia en la relación entre al audio, textos e imágenes ya que al parecer, de acuerdo con los alumnos, no siempre hay una buena relación entre la imagen mostrada, la voz en off y los textos que ayudan a enfatizar la información más importante. También es importante destacar que la diferencia de evaluación entre alumnos que leyeron el protocolo antes de ver los video-tutoriales, no fue muy distinta de los que no lo leyeron, así que se reitera que los video-tutoriales son eficientes en cuanto a su función como herramientas didácticas para enseñar Química Forense Experimental.

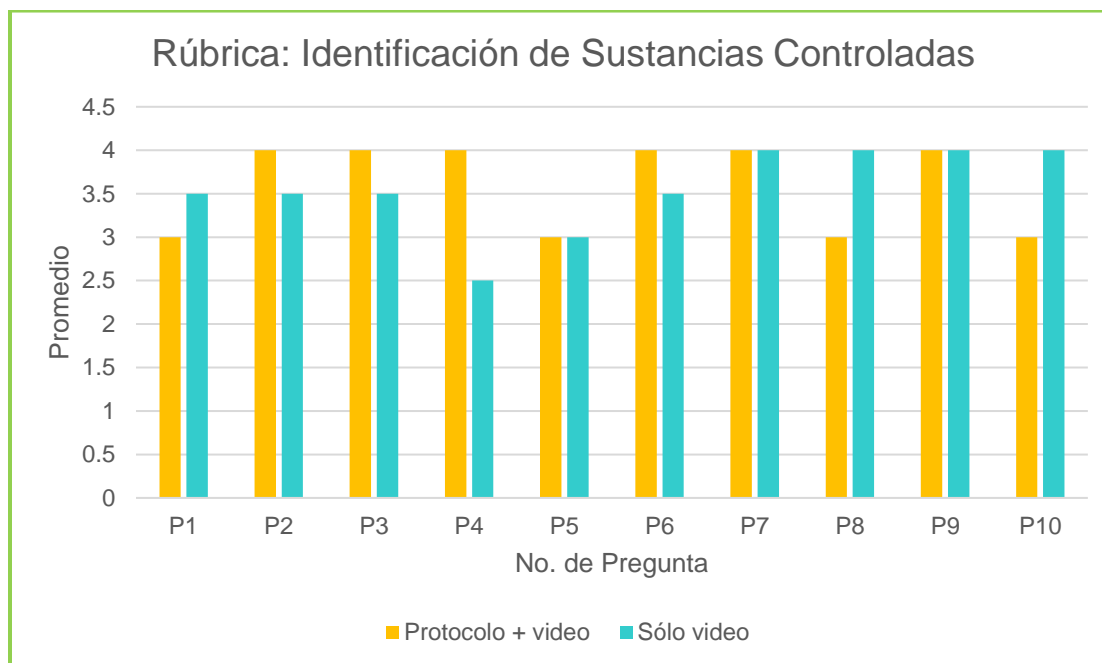


Figura 16: Gráfico de las respuestas obtenidas de los alumnos para el video-tutorial de Identificación de Sustancias Controladas.

Por último, se analizó la opinión de los alumnos evaluadores y los resultados se enlistan a continuación:

- Los alumnos enfatizaron que los video-tutoriales no pueden considerarse como el único recurso para entender el tema tratado ya que no explican los principios de las técnicas ni el análisis de resultados.
- Sin embargo, considerando que la materia se divide en parte teórica y parte experimental, además que se cuenta con un manual de prácticas y la guía del profesor, los video-tutoriales funcionan como una herramienta didáctica visual de apoyo para el curso de Química Forense Experimental.
- También se mostraron entusiasmados de contar con el complemento para comprender mejor algunos conceptos al verlos en imágenes.
- Y se sintieron motivados a investigar con mayor interés los temas, de forma que contribuyen significativamente a su aprendizaje.

### **g) Medios de difusión de los video-tutoriales en plataformas digitales**

En esta última sección se buscó la forma de difundir los videos en una plataforma electrónica para que los estudiantes pudieran reproducir los videos las veces que fueran necesarias. Para esto, se creó un blog en Google Classroom con el nombre “Química Forense Experimental I-2019” donde además de los video-tutoriales, se agregó el manual de protocolos, información relevante de cada tema y otras actividades relevantes al curso en donde los alumnos pueden interactuar con la información, subir tareas y actividades, además de la consulta al material audio visual. En la Tabla 3 se anexa la liga de cada video para su consulta electrónica.

Tabla 3. Lista de video-tutoriales con su respectiva liga electrónica.

<b>Video-tutorial</b>	<b>Liga electrónica</b>
Cadena de Custodia	<a href="https://youtu.be/0z1b4YcwHgQ">https://youtu.be/0z1b4YcwHgQ</a>
Identificación de Polímeros	<a href="https://youtu.be/PzG-LEPSdss">https://youtu.be/PzG-LEPSdss</a>
Identificación de Sustancias Controladas	<a href="https://youtu.be/wVQQZfHhywE">https://youtu.be/wVQQZfHhywE</a>
Identificación de Fibras Textiles	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=Vz28pXvXJil">https://www.youtube.com/watch?v=Vz28pXvXJil</a>
Clave de acceso:	<b>uywzc0</b>

## CONCLUSIONES

Se realizó una revisión bibliográfica de los materiales didácticos utilizados a lo largo de la historia con lo que se determinó que el uso de video-tutoriales es una forma innovadora de conjugar elementos visuales y auditivos para aplicar el método científico ya que la enseñanza debe adaptarse a las nuevas tecnologías y recursos electrónicos disponibles.

Los video-tutoriales cumplieron la función de ser herramientas didácticas que permiten divulgar la educación química bajo un contexto forense, de fácil acceso y de aprendizaje constante y autónomo ya que proporcionan información organizada visualmente que ayuda a reforzar el trabajo experimental, a mantener el interés de los alumnos, así como desarrollar habilidades, relacionar o crear conocimientos y aplicarlos mediante una simulación de procedimientos experimentales con base en casos reales de Ciencias Forenses.

La evaluación de los video-tutoriales buscó ser una forma de comprobar y medir la eficacia de estos como herramientas didácticas y esto se hizo bajo un enfoque de evaluación contextual pues se valoró su potencial y calidad con la respuesta de los alumnos (los destinatarios) ante el recurso. Esta retroalimentación fue muy importante para seleccionar los elementos de contenido más fuertes de los video-tutoriales y mejorar los elementos más débiles para finalmente crear un recurso con la mejor calidad posible para usarse en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Química Forense Experimental.

El papel del docente en este trabajo es importante ya que presenta ciertas dificultades durante el desarrollo de la herramienta didáctica como, en este caso en particular, el aprendizaje del uso del software y la grabación de audios de calidad, se debe analizar y distribuir bien los recursos con los que se cuenta para la realización de los video-tutoriales, además de dedicar mucho tiempo y esfuerzo para aprender a usar el software. En lugar de verse como problemas, deben verse como retos que desafían la creatividad y habilidad de respuesta del docente y pensar en que al final, la herramienta didáctica será un plus para la enseñanza y aprendizaje de su materia.

La creación de un guion es esencial para tener una secuencia de pasos ordenados en el desarrollo de un video-tutorial ya que en él se establece todo el contenido que se quiere presentar dentro de los video-tutoriales. No sólo se acomoda el planteamiento de la escena del crimen y el procedimiento experimental de forma cronológica, sino que a cada idea se le asigna un imagen o texto que será la representación gráfica de la información escrita; y



por otro lado, todas las anotaciones técnicas como encuadres, narración y animaciones ayudan a tener una visión de cómo se verá la información presentada en formato de video.

En este trabajo se tomó como ejemplo protocolos de Química Forense Experimental desarrollados previamente ya que tienen un gran potencial de enseñanza debido a su enfoque interdisciplinario y los estudiantes de Química pueden jugar el papel de un Químico Forense en un caso de estudio que les permita para aplicar y reforzar el conocimiento adquirido en materias tomadas a lo largo de la carrera utilizando como base el método científico para realizar análisis de indicios obtenidos en el sitio de investigación y con ello contribuir en la procuración y administración de la justicia.

El uso de programas profesionales de creación y edición de video como Adobe Illustrator, Adobe After Effects y Wondershare Filmora permite la creación de video-tutoriales con alta calidad visual; sin embargo, no debe olvidarse que se necesita tiempo para aprender a usar los comandos y que dependiendo de los recursos monetarios, es necesario usar las versiones de libres de prueba o comprar las licencias.

La respuesta de los alumnos mediante el método de evaluación tipo “rúbrica” ante los video-tutoriales nos reafirmó que estos fueron exitosamente diseñados para desarrollar habilidades mediante ejemplos e invitar a la investigación del tema pues los elementos técnicos, de contenido y visuales les aportan la información necesaria para realizar el procedimiento experimental con un efecto motivador, estructurado, de dificultad progresiva sin saltos entre conceptos y generando una representación mental de la aplicación de los conocimientos adquiridos previamente.

## BIBLIOGRAFÍA

AMCO (2017). Herramientas didácticas... La mejor vía para el desarrollo de las habilidades del pensamiento y el pensamiento crítico en los niños. Amco International Education Services, LLC. Recuperado de <http://es.amco.me/blog/>

American Chemical Society, Education Division. (2005). Químico Forense. American Academy of Forensic Science.

Buján, K., Rekalde, I., & Aramendi, P. (2011). Las rúbricas de evaluación en formación por competencias. *La Evaluación de Competencias en la Educación Superior. Las rúbricas como instrumento de evaluación*, Pp. 188.

Chrobak, R. (2000). La metacognición y las herramientas didácticas. *Universidad Nacional del Comahue. Facultad de Ingeniería, Departamento de Física*. Buenos Aires. Recuperado el, 15.

Duarte, A. & Posadas, R. (2013). Elaboración de material audiovisual como apoyo a la enseñanza de la operación unitaria de mezclado de sólidos en el área farmacéutica (Tesis de pregrado). UNAM, FES Zaragoza, México. Pp. 9-14.

Enguita, M. F. (2013). El aprendizaje difuso y el declive de la institución escolar. *Revista de Sociología de la Educación-RASE*, 6(2), Pp. 150-167.

Facultad de Medicina. (2013). Plan de estudios de la licenciatura en ciencia forense. UNAM, Facultad de Medicina, México. Pp. 18-52. Recuperado de [http://www.facmed.unam.mx/\\_documentos/planes/cforense/index.pdf](http://www.facmed.unam.mx/_documentos/planes/cforense/index.pdf)

Fragoso, J. (2019). Propuesta de protocolos experimentales para la enseñanza de Química Forense a Químicos (Tesis de pregrado). UNAM, Facultad de Química, México.

Graells, P. M. (2000). Los medios didácticos. *Barcelona: Departamento de Pedagogía Aplicada, Facultad Educación, UAB*.

Hyla, M. (2015). Why videos and movies in eLearning are bad idea? eLearning Industry. Recuperado de <https://elearningindustry.com/videos-and-movies-in-elearning-bad-idea>

Johll, M. E. (2008). *Química e investigación criminal: Una perspectiva de la ciencia forense*. Reverté. Barcelona, España. Pp. 4.

López, S. (2002). Creación de un tutorial para la enseñanza de la Bioquímica básica, a nivel medio (Tesis de pregrado). UNAM, Facultad de Química, México. Pp. 5-13

Martínez-Salanova, E. (2018). El guion y sus tipos. El portal de la comunicación. Recuperado de <http://educomunicacion.es/cineyeducacion/guionquees.htm>

RAE. (2019) Diccionario de la Real Academia Española edición en línea. Madrid, España. Recuperado de [www.rae.es](http://www.rae.es)

RAE y AALE. (2010). Ortografía de la lengua española. Real Academia Española y Asociación de Academias de la Lengua Española edición en línea. Madrid, España. Pp. 236. Recuperado de <http://aplica.rae.es/orweb/cgi-bin/v.cgi?i=KGbHKlgQFifAmLPg>

Sánchez, C. (2018). El guion literario y técnico. Taller de escritores, blog. Recuperado de <https://www.tallerdeescritores.com/el-guion-tecnico> y <https://www.tallerdeescritores.com/el-guion-literario>

Sánchez, L. (2016). ¿Qué son las Herramientas Educativas? UNEFM: Unidad Académico. Recuperado de <http://adi.unefm.edu.ve/>

Sosa Reyes, A. M. (2017). Del laboratorio al juzgado. Enseñanza de las ciencias para el ejercicio forense. *Educación química*, 28(4), Pp. 238-245.

Valverde, G. J., & Viza, A. L. (2006). Una revisión histórica de los recursos didácticos audiovisuales e informáticos en la enseñanza de la química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5(1).

Velasco, G. (2006). El video como herramienta en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Química. Video educativo: "Medición de la diferencia de potenciales" (Tesis de maestría). UNAM, Escuela Nacional de Artes Plásticas, México. Pp. 1-8.

## ANEXOS

### Protocolos Experimentales



Unidad I

# CADENA DE CUSTODIA

Ciencias Forenses

## **Antecedentes**

Atendiendo al carácter multidisciplinario de las ciencias forenses, la criminalística que la Asociación de Criminalistas de California describe como: la profesión y disciplina científica dirigida hacia el reconocimiento, la identificación, la individualización y la evaluación de la evidencia física mediante la aplicación de las ciencias naturales a los asuntos de la ciencia jurídica (Gialamas, 2000) es la que se encarga pues de unificar y hacer trabajar a las ciencias forenses para que en conjunto puedan encontrar, preservar e identificar cualquier rastro o indicio dejado por un presunto criminal. Una herramienta fundamental de la criminalística es la química forense. Esta ciencia al igual que otras emplea una terminología particular relacionada a la ciencia jurídica y química por lo que es importante que los químicos forenses estén familiarizados con esta terminología así que a continuación se definen algunos términos importantes (Secretaría de Gobernación, 2017).

- Cadena de custodia: Es el registro fiel del curso seguido por los indicios o evidencia desde su descubrimiento por parte de una autoridad, policía o agente del Ministerio Público, hasta que la autoridad competente ordene su conclusión. Generalmente hay dos cadenas de custodia, una externa que comprende del lugar de la toma de muestra hasta el ingreso al laboratorio y la interna que custodia la muestra dentro del laboratorio.
- Lugar de los hechos: Es el espacio material o escena del crimen donde presuntamente se cometió el delito que se investiga y que por ello puede contar con evidencias relacionadas con la investigación.
- Lugar del hallazgo: Es el espacio material donde se encuentran elementos que pueden ser considerados como evidencias en la integración de una investigación por la comisión de un delito.
- Indicio o evidencia: Son las huellas, los vestigios y demás elementos materiales del hecho delictuoso, que puedan encontrarse en el lugar de los hechos y/o lugar del hallazgo y que por sus características pueden tener alguna relación con la comisión del delito que se investiga.
- Prueba: Evidencia integrada a una averiguación previa a la cual la autoridad competente le ha otorgado valor judicial.

Una parte importante de las ciencias forenses es la cadena de custodia, que permite conocer la trazabilidad de cada indicio recolectado en la escena de un crimen y con ello

garantiza la calidad de un indicio para emplearse como una prueba (Instituto Nacional de Ciencias Penales, 2013).

La Cadena de Custodia se divide en varias etapas dentro de las que se puede mencionar las siguientes:

1. Protección y preservación del lugar de los hechos y/o del hallazgo.
2. Procesamiento de los indicios o evidencias.
3. Entrega al Ministerio Público de los indicios o evidencias e integración de la Carpeta de la Investigación.

Estas tres primeras corresponden a la cadena externa de custodia y las siguientes a la cadena interna de custodia.

4. Manejo de los indicios o evidencias en los laboratorios.
5. Manejo de los indicios o evidencias en el área de almacenamiento.

Proceso de registro de los indicios o evidencias.

1. Una vez localizado cada indicio o evidencia se iniciará el proceso para su registro asignándole el número que le corresponda en todo el procedimiento penal, anotando en una tarjeta, etiqueta u otro medio.
2. Deben protegerse los indicios o evidencias que se encuentren a la intemperie.
3. Hacer un inventario de los mismos, con su descripción y el estado en que se encontraron.
4. Llevar a cabo el levantamiento de acuerdo con los protocolos establecidos en la investigación criminalística.
5. Embalar las evidencias inventariadas en el empaque o contenedor adecuado, debidamente cerrado y etiquetado.

### ***Objetivos particulares***

- Aplicar los formatos de cadena de custodia empleando la información obtenida de las muestras y las escenas del crimen proporcionadas.

## ***Equipos, materiales y reactivos***

### **Material**

- Espátula
- Pinzas de disección
- Hisopos estériles
- Parafilm®
- Bolsas de plástico transparentes de distinto tamaño
- Cinta Maskin
- Bolsas de papel de distintos tamaños
- Frascos de vidrio opaco con tapa de distinto tamaño

### ***Actividad Experimental***

#### Observación preliminar

Haga una descripción detallada de la escena del crimen de su elección recolectando toda la información posible. Registrar dicha información en cada uno de los formatos ofrecidos en la sección de resultados dependiendo de la información recolectada.

Tomar en cuenta que los distintos tipos de indicios requieren una preservación y almacenamiento de muestra específico.



Unidad III

# IDENTIFICACIÓN DE SUSTANCIAS CONTROLADAS

Ciencias Forenses



## Antecedentes

Los fenoles son compuestos en los que uno o más grupos hidróxilo (-OH) se encuentra unido a un carbono perteneciente a un anillo aromático. Estos compuestos son líquidos o sólidos de alto punto de ebullición, son incoloros a menos que contengan en sus estructuras grupos cromóforos o se encuentren oxidados en cierto grado. Debido a las características electrónicas de los anillos aromáticos, las bases conjugadas de los fenoles (iones fenóxido) se encuentran estabilizadas por resonancia, confiriéndole a los fenoles una acidez mayor que los alcoholes alifáticos pero menor que los ácidos carboxílicos, por lo cual son solubles en hidróxido acuoso, pero no en agua o disoluciones de bicarbonato de sodio (Morrison & Boyd, 1987).

Debido a la gran cantidad de fenoles que se producen a nivel mundial, estos compuestos son de los compuestos aromáticos más sintetizados y su principal uso es en la manufactura de polímeros fenol-formaldehído. El fenol, y en menor o mayor grado sus derivados, se utiliza como fungicida, bactericida, antiséptico y desinfectante; también son utilizados como intermediarios en la síntesis orgánica.

Dentro del subgrupo de drogas conocido como narcótico u opiáceo se encuentran el opio, mezcla de más de 25 alcaloides obtenidos de la planta Amapola (*Papaver somniferum*), y sus derivados naturales, como la morfina (Figura 1 izquierda), codeína (Figura 1 centro) y papaverina, y semisintéticos como la heroína (Figura 1 derecha) y la oxycodona (Houck, et al., 2012)

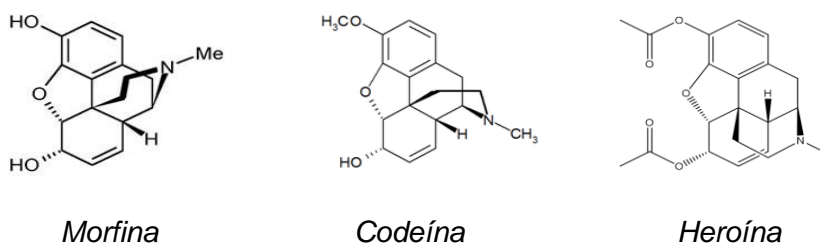


Figura 1. Ejemplos de drogas opiáceas

## Prueba de cloruro férrico

Las disoluciones de cloruro férrico ( $\text{FeCl}_3$ ) a baja concentración se utilizan para identificar fenoles por formación de una coloración azul, verde o morado, aunque también es posible obtener su reacción con

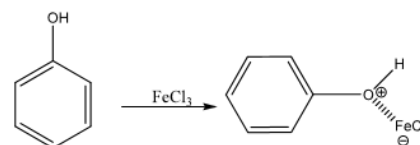


Figura 2. Esquema de reacción para prueba con cloruro férrico

enoles y otras sustancias que no poseen grupos fenólicos en su estructura.

Para el caso de fenoles, que es el grupo funcional de interés, se reporta la formación de compuestos de coordinación por enlazamiento del oxígeno fenólico y el centro metálico (Figura 2).

Esta prueba a la gota es la más socorrida en la identificación de morfina, reportándose un límite de detección para morfina monohidratada de aproximadamente 200  $\mu\text{g}$  (National Institute of Justice, U.S., 2015).

### Prueba de ácido nítrico

El ácido nítrico concentrado ( $\text{HNO}_3$ ) se utiliza como revelador de fenoles, es indicativo de la

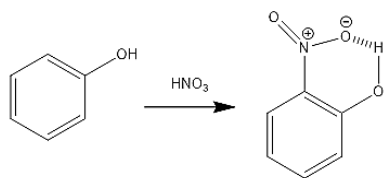


Figura 3. Esquema de reacción para la prueba con ácido nítrico

existencia de este grupo funcional con la formación de precipitado rojo, amarillo o café que se disuelve en el ácido confiriéndole color a la disolución. Dentro de los mecanismos propuestos para explicar la formación de compuestos coloridos en este tipo de reacciones se presume una nitración en posición *orto* al fenol y formación de un puente de

hidrógeno con el grupo hidroxilo vecino (Morrison & Boyd, 1987) (Figura 3).

### **Objetivos**

- Identificar sustancias en cuya estructura se encuentre presente uno o varios grupos fenol.
- Discernir entre un resultado positivo y un falso-positivo en la detección de un grupo fenol por medio de las pruebas con  $\text{FeCl}_3$  y  $\text{HNO}_3$ .

### **Escenario**

La semana pasada la Policía Federal localizó tres plantíos de amapola, con una extensión cercana a los 110  $\text{m}^2$  y con un aproximado de 220 plantas, en el municipio de Ensenada, Baja California. En las inmediaciones de las plantaciones se encontró una vivienda que al parecer se utilizaba como laboratorio clandestino para la producción de heroína. Alrededor de 15 plantas encontradas y varias muestras (2 sólidos blancos y amarillo claro) recolectadas en el sitio fueron puestas a disposición de la Procuraduría General de la República (PGR) para la integración de la averiguación previa y para continuar las investigaciones.

## **Equipos, materiales y reactivos**

### **Material**

- Espátula
- Placa de pruebas de porcelana o tubos de ensayo con gradilla
- Matraz aforado de 10 mL
- matraces aforados de 5 mL
- Pipetas beral o gotero
- Piseta de agua destilada
- Pipeta graduada de 10 mL
- Palillos de dientes

### **Reactivos**

- Etanol
- Cloruro de hierro (III) [FeCl<sub>3</sub>]
- Agua destilada
- Bicarbonato de sodio
- Ácido nítrico concentrado [HNO<sub>3</sub>]

## **Procedimiento experimental**

### **A. Prueba de ácido nítrico**

1. Preparar 5 mL de HNO<sub>3</sub> al 10, 30 y 60 %.
2. Colocar una pequeña porción de la muestra MRI y colocarla en tres cavidades de la placa de porcelana o en tres tubos de ensayo y marcarlos como 10, 30 y 60.
3. Añadir 1 gota de la disolución correspondiente a cada una de las muestras y mezclar con un palillo, si después de 2 minutos no hay ningún cambio añadir otra gota, mezclar y volver a esperar, repetir hasta que haya un cambio o se hayan añadido 3 gotas. La presencia de **coloración rojiza, café o amarilla** es indicativo de una prueba positiva.
4. Decidir cuál disolución es la idónea para seguir trabajando.
5. Colocar una pequeña cantidad de la muestra A en una de las cavidades de la placa o en un tubo de ensayo y añadir 2 gotas de la disolución elegida y mezclar.
6. Esperar dos minutos y examinar en busca de algún cambio de coloración.
7. Repetir los pasos 5 y 6 para las muestras utilizadas previamente. Registrar en la Tabla 1 de la sección de resultados.
8. Tomar una pequeña cantidad de bicarbonato de sodio y repetir el procedimiento descrito. Registrar en la Tabla 1 de la sección de resultados.

B. Prueba de cloruro férrico

1. Preparar 10 mL de una disolución 0.1 M de  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
2. Tomar una pequeña cantidad del MRI y colocarla en una de las cavidades de la placa para pruebas o en un tubo de ensayo, colocar una gota de la disolución 0.1 M de  $\text{FeCl}_3$  y mezclar con un palillo.
3. Colocar una gota de la disolución 0.1 M de  $\text{FeCl}_3$  en otra cavidad o tubo de ensayo, este servirá como blanco.
4. Esperar de 30 segundos a 2 minutos a que aparezca algún cambio. La presencia de **coloración azul, morada o verde** indica un resultado positivo.
5. Repetir los pasos 2, 3 y 4 para las muestras A y B. Registrar en la Tabla 1 de la sección de resultados.
6. Tomar una pequeña cantidad de bicarbonato de sodio y repetir el procedimiento descrito previamente. Registrar en la Tabla 1 de la sección de resultados.



## Unidad IV

# IDENTIFICACIÓN CUALITATIVA DE POLÍMEROS

## Ciencias Forenses

### ***Antecedentes***

El conocer las propiedades físicas de alguna muestra obtenida en una escena de crimen sirve para la identificación de sustancias desconocidas; esta identificación es posible cuando se averiguan las propiedades físicas del material desconocido y se comparan las propiedades físicas de una serie de materiales conocidos. De forma general, es muy poco probable una

identificación certera de un material por medio de la determinación de las propiedades físicas de éste, pero es posible reducir la lista de posibles sustancias, lo cual es de gran ventaja para llevar a cabo análisis posteriores; además es posible una mejor identificación si se llevan a cabo dos o más pruebas de carácter preliminar y los resultados de estos son concordantes (Katz, 2017).

Una de las grandes ventajas de las pruebas físicas es que no se necesita de una preparación previa ni de un equipo especial o estándares, confiriéndole rapidez y bajos costos a este tipo de análisis.

Los métodos que se presentan a continuación son los mejores cuando se tratan de polímeros simples.

#### Prueba de densidad

Esta prueba forma parte de los análisis no destructivos ya que no altera en ninguna manera las propiedades de las muestras analizadas y es un tipo de análisis de identificación preliminar. Es posible la identificación de polímeros por medio de su densidad puesto que estos poseen densidades en un amplio rango de valores (Buquet & Goldstein, 2006). El método utilizado en esta práctica no consiste en la determinación específica de la densidad de la muestra sino en identificación indirecta de éstas por el método de flotación, al comparar su comportamiento, si flotan o se hunden, ante disoluciones de diferentes densidades conocidas.

#### Prueba de combustión

Esta prueba es un ejemplo del análisis de tipo destructivo puesto que altera de forma permanente las propiedades de las muestras sujetas a este, y forma parte de las llamadas pruebas preliminares. Para llevar a cabo esta prueba es necesario una fuente de flama a la que se somete la muestra analizar. A partir del comportamiento de la muestra ante el calor o la flama directa se puede saber si es termoestable o termoplástico y es posible una identificación más certera si se pone a observar si se generan gases o no, si la muestra se auto extingue o no después de alejarla de la flama, si se reblandece, si se carboniza, si gotea y el tipo de residuo que queda después de la combustión (Fisher, 2000).

#### **Objetivo**

- Clasificar muestras de polímeros mediante las pruebas de densidad y combustión

## **Escenario**

El pasado domingo por la mañana fue hallado el cuerpo de una joven al lado del canal de aguas negras en el poblado de San Juan en Otzolotepec, en el Valle de Toluca. La joven, quien fue identificada como Beatriz K., llevaba desaparecida tres días; su cuerpo presentaba signos de haber sido golpeada. El principal sospechoso del secuestro y asesinato de la joven es su exnovio, quien trabaja como vigilante de una bodega de una recicladora de PET cercana a la zona donde fue encontrado el cadáver.

En el calzado que llevaba la joven se encontraron restos de viruta de materiales plásticos que se presume provienen de haber estado en la bodega donde trabaja su exnovio por lo que se han mandado a identificar al laboratorio de Química Forense.

## **Equipos, materiales y reactivos**

### **Material**

- Tubos de ensayo con gradilla
- Varilla de vidrio
- Pipeta volumétrica de 5 mL
- Balanza analítica
- Vaso de precipitados de 50 mL
- Mechero Bunsen
- Pinzas

### **Reactivos**

- Disoluciones: isopropanol 20 %, Isopropanol 60%, NaOH 10%, NaOH 20%, NaOH 50% (v/v)
- Muestras (A, B, C y D)

## **Actividad Experimental**

### **A. Prueba de densidad**

1. Preparar las disoluciones: isopropanol 20 %, Isopropanol 60%, NaOH 10%, NaOH 20% y NaOH 50%.
2. Colocar 5 mL de cada disolución en un tubo de ensayo y rotularlos con su valor de densidad.
3. Agregar una porción (1cm<sup>2</sup>) de la muestra A en cada uno de los tubos de ensayo rotulados. Empujar suavemente la muestra con la varilla dentro de la disolución y retirarla.
4. Repetir los pasos 3, 4 y 5 con las demás muestras.

5. Anotar en la Tabla 2 de la sección de resultados el comportamiento del plástico en disolución: si flota o se sumerge.

B. Prueba de combustión

1. En una campana de extracción o en una zona bastante ventilada conectar el mechero Bünsen a una salida de gas y encenderlo, procurar mantener una llama oxidante constante.
2. Tomar una porción (1 cm<sup>2</sup>) de la muestra A con las pinzas y poner cerca de la flama, después introducir en esta y una vez encendida la muestra, quitar de la flama.
3. Anotar en la Tabla 3 de la sección de resultados las observaciones: si la muestra se reblandece, si se quema o carboniza, si genera humo y el color de este, si se mantiene encendida al retirarla de la flama o se auto extingue, si gotea, el tipo de residuo que queda después de la combustión y si se produce algún olor.
4. Repetir los pasos 2 y 3 para todas las muestras.



**Unidad IV**

**IDENTIFICACIÓN CUALITATIVA  
DE FIBRAS TEXTILES**

**Ciencias Forenses**

***Antecedentes***

Tomando como punto de partida el *Principio de intercambio de Locard*, que indica que “*siempre que dos objetos entran en contacto, transfieren parte del material que incorporan entre ellos*” (Locard, 1930), la recolección de fibras en una escena de crimen es vital en las investigaciones

forenses puesto que permite la posibilidad de asociar a un individuo con una escena del crimen. Entiéndase por fibra, en el contexto textil, a las unidades de las que se componen hilos y por ende todos los tejidos, es la unidad mínima de todo textil (Deedrick, 2000).

Como en cualquier proceso de identificación, la identificación de las fibras se realiza sometiendo las muestras a varios ensayos seleccionados, hasta obtener suficiente información que permita decidir la clase genérica o el tipo específico. La elección de los ensayos y el orden en que se ejecutan dependerán de la información previa disponible y de los resultados de los ensayos preliminares.

En el presente protocolo se presentan dos tipos de análisis con el fin de realizar una identificación genérica entre fibras de origen animal, vegetal o sintético y, de ser posible, un acercamiento a su posible identidad (Martínez de las Marías, 1972).

#### Prueba de combustión

Como se mencionó en el capítulo anterior, esta prueba es destructiva y de carácter presuntiva y requiere de una fuente de flama para llevarse a cabo. De forma general esta prueba aplicada a la identificación de fibras permite discernir entre fibras animales, vegetales, semisintéticos o sintéticas teniendo especial análisis en el olor de la combustión y el residuo obtenido (Fisher, 2000). Algunas fibras presentan un olor muy característico al quemarse, por ejemplo, las fibras animales y las proteicas manufacturadas tienen el olor del pelo o las plumas quemadas. Las fibras vegetales y las de celulosa regenerada huelen como papel quemado.

Es probable que algunas fibras contengan retardante de llama, lo que además de retardar el quemado puede modificar el olor al arder y el aspecto de las cenizas; de igual forma las fibras teñidas, especialmente las coloreadas con pigmentos retendrán el color en el residuo.

#### Prueba de solubilidad

Esta prueba está basada en el comportamiento, soluble o insoluble, de las distintas fibras en diferentes medios, como consecuencia de la composición química de éstas y su interacción con diferentes disoluciones (COAT, 2018).

#### **Objetivo**

- Clasificar las muestras proporcionadas como naturales o sintéticas mediante la información generada al realizar las pruebas de solubilidad y densidad.

## **Escenario**

En la residencia del afamado escritor Gabriel García Márquez, ubicada al sur de la ciudad, se reportó el robo la medalla de oro otorgada al Premio Nobel, la cual se presume fue extraída por los asaltantes el fin de semana que la casa se encontraba sola. Se presume que brincaron la cerca perimetral de la vivienda. Los investigadores de la escena encontraron entre el alambre de púas que rodeaba la casa un trozo de ropa desgarrada. A unas cuerdas de la escena del crimen se detuvo a un sospechoso que merodeaba por la zona y el cual había sido reportado por los vecinos, se señaló que la ropa que vestía estaba desgarrada.

## **Equipos, materiales y reactivos**

### **Material**

- Tubos de ensayo con gradilla
- Varilla de vidrio
- Pipeta graduada de 10 mL
- Mechero Bunsen
- Pinzas

### **Reactivos**

- Ácido sulfúrico (60%)
- Ácido clorhídrico (30%)
- Hipoclorito de sodio (10%)
- Muestras de fibras textiles.

## **Actividad Experimental**

### **A. Prueba de combustión**

1. En una campana de extracción o en una zona bastante ventilada conectar el mechero Bünsen a una salida de gas y encenderlo, procurar mantener una llama constante de color azul.
2. Tomar 1 cm<sup>2</sup> una fibra de la muestra 1 con las pinzas (si se trata de hilo, fraccionarlo conforme sea necesario; si es un trozo de material tomar un poco con las pinzas), y depositarlo en una cucharilla de combustión limpia y poner cerca de la flama, después introducir en esta y una vez encendida la muestra, quitar de la flama.
3. Anotar observaciones: si la muestra si se quema o carboniza, si genera humo y el color de este, si se mantiene encendida al retirarla de la flama o se auto extingue, si gotea, el tipo de residuo que queda después de la combustión y si se produce algún olor.

4. Repetir los pasos 2 y 3 para todas las muestras. Registrar observaciones en la Tabla 1 de la sección de resultados.

B. Prueba de solubilidad

1. En tres tubos de ensayo entregar 2 mL de las disoluciones a emplear (ácido sulfúrico (60%), ácido clorhídrico (30%) e hipoclorito de sodio (10%)) respectivamente. Generar esta serie de tres tubos para cada muestra de fibra a analizar y etiquetar.
2. Colocar en cada serie de tubos 1cm<sup>2</sup> de la fibra.
3. Agitar constantemente por dos minutos y observar.
4. Anotar observaciones: si la fibra se disuelve completamente, si se ablando o permanece insoluble.
5. Repita los pasos anteriores con las demás fibras. Registrar las observaciones en la Tabla 2 de la sección de resultados.