



Detectives en la secundaria: estrategia recreativa inspirada en técnicas de ciencia forense

High School Detectives: Creative Strategy Inspired by Forensic Science Techniques

Rosa María Catalá Rodes¹, Margarita Isabel Palacios Arreola¹ y Agni Sosa Aranda²

Resumen

Esta propuesta tiene como objetivo ofrecer una alternativa experimental para el cierre de curso de Ciencias III (Química) de tercer grado de secundaria. En ella se aplican y aprenden algunas técnicas simplificadas de química forense, cuyos resultados se utilizan para resolver un caso criminal sencillo de forma colaborativa y por indagación. La propuesta didáctica se presentó como una actividad en la que además de aplicar el conocimiento adquirido, se pusiera en práctica el desarrollo de aptitudes para la investigación y el gusto de los estudiantes por actividades vinculadas a la divulgación de la ciencia y de la tecnología. La actividad se planeó por medio de una situación-problema a fin de que además de compartir los materiales y hacer las observaciones en equipo, tuvieran que expresar y defender sus ideas en un intercambio con sus compañeros a fin de resolver el problema. Concretamente, propusimos actividades hacia la reconstrucción de una escena de crimen presentada a través de una historia y breves instrucciones, tablas para ordenar resultados y preguntas de análisis de la información obtenida. Al término de la sesión, se hizo un breve repaso de lo que aprendieron nuevo y de lo aplicado para llegar al resultado final, además de comentar la importancia de la ciencia forense en el contexto actual y la importancia de la ética profesional de los expertos que realizan dichas investigaciones.

Palabras clave

Educación básica-secundaria, Juegos y retos didácticos, experiencias recreativas; motivación de grupos, evaluación no formal.

Abstract

This proposal has been developed to offer an experimental alternative for a final Chemistry evaluation activity of 9th grade (secondary school). In this sequence some simplified forensic sciences techniques are learned and applied by the students and the results are used to solve a criminal case by means of inquiry and collaboration. The didactic proposal was presented as an activity in which aim is to put in practice the chemical concepts and practical abilities developed through the year, but also serves as means for developing research and student's appreciation for science and technology when presented through a challenging and recreational way. The activity has been planned as a case study in which students have to share and discuss the different results of the experiments and also different issues such as the possible motive of the crime, the alibis, etc. By the end of the session, a brief review of the new concepts and abilities learned has been made and as a group final moment teachers and students have commented about the importance of ethical and social issues implied in such professional activity.

Keywords

Basic-secondary education, educational games and challenges, recreational experiences; group motivation, non-formal evaluation.

¹ Colegio Madrid A.C.

² Facultad de Química, UNAM

Introducción

Debido a la pandemia provocada por el COVID 19, los profesores de secundaria y bachillerato que volvimos a la actividad presencial en el presente ciclo nos enfrentamos a un panorama diferente al que normalmente conocíamos con nuestros alumnos. Con escasas ocasiones para haber desarrollado habilidad experimental en un laboratorio y con pocas horas de trabajo colaborativo, los estudiantes que están terminando su curso de Química (Ciencias III) de secundaria han requerido de altas dosis de un tercer factor adicional por parte de sus profesores: la motivación. La ciencia recreativa es un factor importante en la praxis cotidiana del proceso de enseñanza aprendizaje, no sólo para ayudar a contrarrestar los efectos de pérdida de interés por asignaturas científico-tecnológicas durante los últimos años (misma que ya se identificaba como un problema antes de la pandemia), sino también como recurso didáctico para aplicar y comprender mejor algunos conceptos científicos, así como para discutir situaciones donde los aprendizajes del curso cobran significado (García-Molina, 2011).

Existen varias estrategias para incorporar los juegos y retos didácticos en la clase, una de las que mejor funciona es la de abordar el desarrollo de temas transversales, -como la ciencia forense y la investigación criminal que ocupan este monográfico-, mismos que facilitan la construcción de un saber más sistemático y contextualizado alrededor de una experiencia diferente y motivadora para los estudiantes (Sebastián, et.al, 2013).

Cuando fuimos invitados a participar en este número especial de la revista nos decantamos en un primer momento por probar la actividad que más expectación y atractivo pudiera aportar a una clase de química de secundaria: la reacción de quimioluminiscencia con luminol, un experimento sorprendente y con materiales y reactivos relativamente fáciles de obtener. Sin embargo, a medida que fuimos reconociendo el potencial de la estrategia para ampliarla a otras actividades, logramos desarrollar un estudio de caso sencillo donde el objetivo se centró en que los estudiantes realizaran experimentos que los llevaran a tomar decisiones fundamentadas en evidencias. La idea es que se enfrentaran a una situación equivalente a la de los peritos forenses misma que les permitiera reconocer la importancia del trabajo colectivo, la experimentación y la investigación. Al término de la actividad recreativa, se esperaba que aumentara la motivación por la clase de química con base en la mejora de las actitudes por parte de los estudiantes y por tanto transitaran por varios momentos a lo largo de la sesión: de la observación a la manipulación, de la curiosidad a la indagación y del pensamiento crítico a la conclusión. Como fin último este tema puede coadyuvar en el fomento a la curiosidad, a la creatividad y a un mayor conocimiento del quehacer de carreras científicas y tecnológicas, (Sosa, 2017).

Propuesta didáctica

La propuesta didáctica consta de tres elementos: 1) la narrativa, en la que se plantea la situación-problema, 2) la evidencia, con la que los estudiantes experimentan y 3) el material de trabajo, que incluye andamiajes para el análisis de resultados.

Se propone presentar la situación-problema de manera grupal y que los alumnos realicen los experimentos y el análisis de resultados en equipos.

1. Narrativa

En un primer momento se explica a los estudiantes la importancia de las ciencias forenses en el mundo actual y el crecimiento que ha tenido en nuestro país la necesidad de más profesionales de la química preparados científica, ética y técnicamente para esta labor. Se habla de la licenciatura de reciente creación en la UNAM: Ciencias Forenses como un espacio a tomar en cuenta a mediano plazo para aquellos interesados en las áreas científicas, médicas y su vinculación humanista de acuerdo con el contexto en que se aplican los conocimientos químicos que allí se adquieren. En esta experiencia realizada en los grupos de tercero de Secundaria de un Colegio ubicado al sur de la ciudad, se agradeció tanto a los estudiantes como a sus profesores la oportunidad de probar la actividad y probar su efectividad como una estrategia de evaluación no formal de sus aprendizajes a lo largo del curso. Este “ubicar” a los alumnos resulta favorecedor ya que los estudiantes se sienten reconocidos como parte del proceso que llevamos a cabo los autores para compartir la actividad en este monográfico.

El “ caso” a resolver

Mixi, un gatito ha desaparecido y se sospecha que ha sido asesinado, pues es el único heredero de una acaudalada señora. La detective asignada al caso tiene tres sospechosos: el sobrino de la señora, quien recientemente fue desheredado por su comportamiento indecoroso, el mayordomo de la casona, quien después de años de fiel servicio no ha recibido ninguna recompensa económica y, además, tiene entre sus deberes atender todo capricho del animal y una vecina supersticiosa, quien ha manifestado hasta el cansancio su aversión hacia el gato, negro como la noche.

Los tres individuos fueron encontrados en circunstancias sospechosas y en posesión de objetos que podrían haber sido el arma utilizada para cometer el crimen: la vecina se encontraba tapando lo que parecía ser una excavación medianamente profunda en su jardín con un rastrillo de jardinería, el mayordomo se encontraba muy afanado en la limpieza de un juego de cuchillos, y el sobrino parecía muy preocupado por ocultar una navaja suiza que dada su vestimenta, difícilmente había utilizado en el campo.

La descripción completa del caso se encuentra en el Anexo 1.

1. Evidencia

A cada equipo se le proporciona un juego de materiales que representan las evidencias provenientes de la escena del crimen y de la investigación de los sospechosos:

- Un fragmento de plástico blanco con una huella dactilar. Representa un fragmento de un florero roto encontrado en la escena del crimen; se asume que el culpable arrojó el florero tratando de herir al gato, por lo que debe contener su huella dactilar.
- Una tarjeta con las huellas dactilares de los tres sospechosos. Representa el registro tomado a los sospechosos durante la investigación.
- Tres objetos de plástico. Representan las posibles armas utilizadas por los sospechosos.

- Tres polvos blancos. Representan sustancias utilizadas por cada sospechoso que deben ser comparadas con un polvo blanco que se encontró esparcido por el suelo de la escena del crimen.

Tras realizar las pruebas y registrar sus resultados se espera la siguiente matriz:

PRUEBA	Vecina	Mayordomo	Sobrino
Rastro de sangre	sí	sí	sí
Tipo de huella dactilar	no coincide	coincide	coincide
Propiedades del polvo	no coincide	coincide	no coincide

2. Material de trabajo

A cada equipo se le proporciona un documento en el que se encuentra toda la narrativa y una guía de las pruebas forenses que deben realizar para resolver el caso. También se les provee una hoja de respuestas en la que están dispuestas tablas para el registro de resultados y preguntas dirigidas a orientar el análisis de resultados. Este material se encuentra en el Anexo # 1.

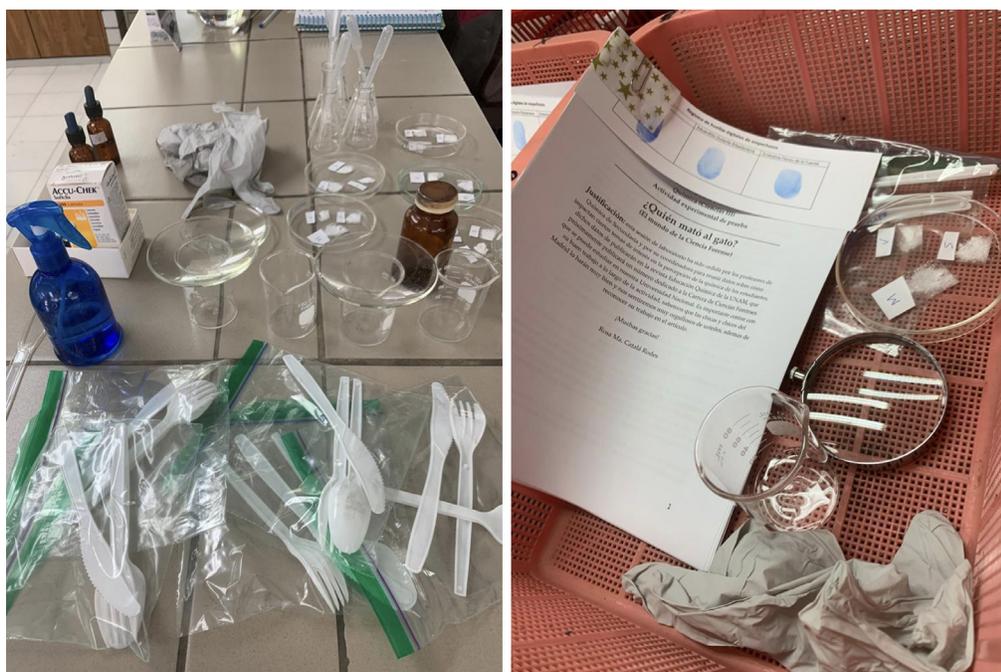


FIGURA 1 y 2: Materiales que se preparan previamente para realizar la actividad.

Aspectos metodológicos

Un elemento fundamental de esta propuesta es la realización de pruebas clásicas de las ciencias forenses, como lo son la revelación y comparación de huellas dactilares, la detección de rastros de sangre con luminol y la identificación de sustancias desconocidas. A continuación, se describen a detalle los aspectos metodológicos de las tres pruebas utilizadas. (Azman, et. al. 2020); Barni et.al. 2007)

Revelado y comparación de huellas dactilares

Material:

- Fragmentos de plástico blanco de aprox. 4 x 4 cm (1 por equipo)
- Trozos de papel de china o similar (1 por equipo)
- Vasos de precipitados (1 por equipo)
- Vidrios de reloj (1 por equipo)
- Pinzas (1 por equipo)
- Cojín de tinta
- Hojas blancas o cartulina

Reactivos:

- Cristales de yodo ($\frac{1}{2}$ cucharada por equipo es suficiente)

Procedimiento:

Previo a la sesión:

- Imprimir la huella dactilar del pulgar de algún profesor o voluntario sobre cada fragmento de plástico. Para ello, se recomienda frotar el pulgar sobre la frente o nariz antes de presionarlo sobre cada fragmento, para que el dedo deje una buena impresión. Esta será la huella del *Mayordomo*.
- Envolver cada fragmento en un trozo de papel de china o similar, para evitar la impresión de otras huellas por error.
- En hojas blancas o cartulinas, utilizando un cojín de tinta, hacer un registro de las huellas dactilares de los pulgares de los sospechosos. La huella del *Mayordomo* será la del profesor que marcó los fragmentos de plástico y se deberá buscar otros dos voluntarios: uno que comparta el tipo de huella con el *Mayordomo* y otro que no lo comparta¹.

Durante la sesión:

- Montar la cámara de revelado colocando unos cuantos cristales de yodo en el vaso de precipitados y colocando el vidrio de reloj sobre el vaso, para evitar la pérdida del yodo.
- Destapar el fragmento de plástico y colocarlo verticalmente dentro de la cámara de revelado, con ayuda de las pinzas.
- Esperar y observar la revelación de la huella dactilar.
- Comparar con las huellas del registro de los sospechosos.

Detección de rastros de sangre con luminol

Material:

- Objetos que representen las posibles armas (3 por equipo)
- Lanceta estéril desechable

¹ Existen tres tipos o patrones de huella dactilar: arco, presilla o lazo y verticilo o espiral.

- Atomizador

Reactivos:

- 100 mL de hidróxido de sodio 0.4 M
- 100 mL de peróxido de hidrógeno al 3% v/v
- 100 mL de Luminol 0.004 M

Procedimiento:

Previo a la sesión:

- Con la lanceta, realizar una punción en un dedo de un profesor o voluntario sano e impregnar los objetos que representan las armas.
- Limpiar la sangre con ayuda de papel, sin lavar, procurando que el rastro de sangre no sea visible.
- Preparar las disoluciones de hidróxido de sodio y peróxido de hidrógeno.
- Disolver el luminol en 15 mL de la disolución de hidróxido de sodio y aforar con agua destilada.
- Mezclar las tres disoluciones a partes iguales y colocar en el atomizador.

* Nota. La mezcla final de luminol es estable por dos días.



FIGURA 3: Aparición de quimioluminiscencia por oxidación de luminol en presencia de sangre en los objetos.

Durante la sesión:

- Colocar los objetos que representan las armas en un lugar oscuro.
- Rociar la mezcla final de luminol sobre los objetos y observar el resultado.

Identificación de sustancias desconocidas (polvos blancos)

Material:

- Mica autoadherible (rectángulos de 2 x 3 cm. 3 por equipo)
- Caja petri (1 por equipo)
- Pipeta de transferencia (1 por equipo)
- Vaso de precipitados (1 por equipo)

Reactivos:

- Talco en polvo
- Antiácido efervescente en polvo
- Edulcorante artificial (sacarina, sucralosa o similar)
- Agua

Procedimiento:



FIGURA 4: Estudiantes de secundaria trabajando durante la sesión.

Previo a la sesión:

- Para cada equipo, impregnar un trozo de mica autoadherible con antiácido. Este será el polvo recolectado de la escena del crimen.
- Colocar muestras de talco, antiácido y edulcorante sobre los portaobjetos y rotularlos como Vecina, Mayordomo y Sobrino, respectivamente.

Durante la sesión:

- Con la pipeta de transferencia, colocar una gota de agua sobre la muestra de polvo encontrado en la escena del crimen. Registrar sus observaciones.
- Colocar una gota de agua sobre

las muestras de los polvos asociados a los tres sospechosos y registrar sus observaciones.

Aplicación de la propuesta

La propuesta se aplicó durante las dos últimas semanas del mes de junio, cuando los grupos ya habían realizado sus pruebas finales del curso. Su diseño implica el trabajo de los estudiantes en cuatro momentos: inicio, desarrollo y cierre de la actividad experimental y finalmente un cuestionario-encuesta de opinión. Los tres primeros se llevaron a cabo durante una sesión de 100 minutos (dos horas de clase) y el cuarto una semana después al inicio de la siguiente clase del grupo a través de un cuestionario por vía electrónica. La aplicación se realizó con 6 grupos de Química de tercero de secundaria de un colegio del sur de la CDMX. La muestra de estudiantes fue de 98, aunque los resultados se entregaron por equipos, se analizaron un total de 24 cuestionarios contestados. El número de estudiantes que de manera individual contestaron la encuesta fue un total de 36 alumnos.

I.-Inicio

La sesión arrancó con una breve presentación del caso (desaparición de Mixi) facilitada por medio de una presentación con diapositivas electrónicas que agilizan y hacen más amena la información de inicio. Se incluye el ejemplo utilizado en el Anexo 3. En esta fase se explican también las evidencias encontradas tanto en el lugar de los hechos como en la ropa y habitaciones de los sospechosos. Se hace una breve descripción de cómo identificar trazas de sangre en las posibles armas utilizadas, cuáles son los principales patrones de huellas digitales (espiral, lazo y arco) y se describe la naturaleza de los polvos blancos encontrados de acuerdo a lo que han manifestado el mayordomo, el sobrino y la vecina a la inspectora del caso. Esta presentación toma aproximadamente 20 minutos.

II.-Desarrollo

La parte medular de la actividad consiste en la realización de las pruebas para descartar uno a uno a los dos personajes inocentes. Los materiales se distribuyeron en forma de “kit” o paquete preparado para facilitar la elaboración de las pruebas y agilizar el trabajo experimental. El orden en el que se realizan las pruebas es sangre por luminol, huella digital y en tercer lugar (la que señala al mayordomo como culpable) es la observación del polvo blanco al agregarle dos gotas de agua. A lo largo de esta parte de la actividad los profesores damos explicaciones sobre los procesos que se están realizando, principalmente mientras se hace el revelado por yodo de la huella digital, misma que tarda varios minutos en aparecer nítidamente. Entre las cuestiones que se analizan con el grupo están el efecto de quimioluminiscencia, la sublimación del yodo, la efervescencia de la sal de uvas, las reacciones ácido-base, entre otras que pueden servir de guía para las respuestas como investigadores del caso. La realización de las tres pruebas lleva aproximadamente entre 30 y 40 minutos.

III.- Cierre: obtención y registro de datos por parte de los estudiantes

A medida que los equipos van realizando las pruebas, llenan las tablas con la información obtenida y van descartando, consecutivamente, a la vecina y al sobrino, quedando el mayordomo al final como culpable. Como parte de la guía del caso, se incluyeron diez secciones con tablas (andamiaje) y preguntas que condujeran al alumno a reflexionar sobre las evidencias y concluir el culpable. Estas preguntas tenían la función de estimular el pensamiento crítico de los alumnos, así como vincular la actividad con conocimientos previos.

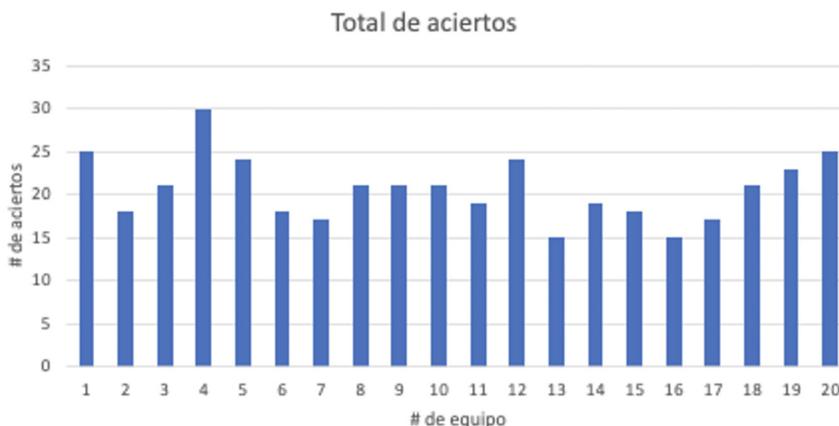
Resultados preliminares

A través de la realización de la actividad con los seis grupos, un primer resultado cualitativo visible fue el alto grado de participación y motivación de los alumnos, inclusive tratándose de semanas de fin de curso y después de los exámenes finales. Esto llamó la atención de todo el cuerpo de profesores, quienes comentaron lo atractivo del formato y de las pruebas realizadas. Las preguntas en las que se basan los resultados obtenidos pueden consultarse en el Anexo 1.

En cuanto al aprendizaje mostrado por los alumnos, sin tratarse este artículo de una investigación formal, es posible evaluar, preliminarmente, el proceso de los alumnos al establecer una escala de puntos con base en la calidad de las respuestas en la guía: 3 puntos si la respuesta es correcta y demuestra profundidad, 2 puntos si la respuesta es correcta, pero es superficial, 1 punto si la respuesta es parcialmente correcta y 0 si la respuesta es incorrecta y sin desarrollar. Revisar Anexo 2 para ejemplo de las hojas de respuestas.

El total de aciertos por equipo nos permite apreciar la eficacia con la que los equipos alcanzaron ciertas conclusiones y si les fue posible vincular los temas del curso con la actividad presentada. Aquí se muestra la gráfica resultante. El total de equipos que realizaron la actividad fue de 20, con cinco estudiantes promedio por equipo.

GRÁFICA 1: Total de aciertos para cada equipo.



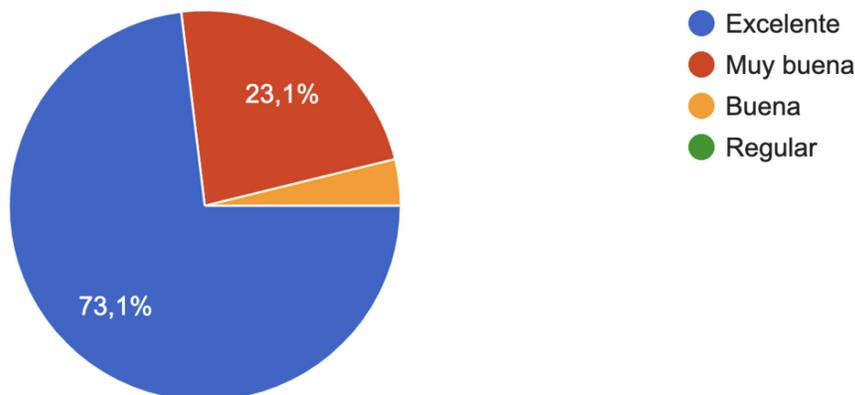
Observamos que solo un equipo alcanzó los 30 puntos posibles, mientras que otros 10 equipos alcanzaron de 20 a 25 puntos. El promedio de efectividad fue del 69% considerando todos los equipos.

Por otro lado, las preguntas 5, 7 y 8, requerían que los alumnos aplicaran algunos de sus conocimientos adquiridos a lo largo del curso. Estas preguntas específicas sirvieron para apreciar si los alumnos eran capaces de vincular temas de química con la actividad realizada. Once de los equipos obtuvieron un puntaje de 3 en la pregunta 5, mientras que 8 equipos consiguieron 0 o 1 puntos. Para la pregunta 7 tres equipos obtuvieron los 3 puntos, mientras que 13 obtuvieron 0 o 1 puntos. Finalmente, para la pregunta 8, nuevamente, tres equipos obtuvieron los 3 puntos y 13 entre 0 o 1 puntos.

Cabe resaltar, que todos de los equipos concluyeron correctamente quién era el culpable, lo cual se traduce en que realizaron correctamente las actividades y completaron con interés la guía. El hecho de que no hubieran respondido de manera idónea las preguntas vinculadas con conocimiento químico previo, puede interpretarse en que algunos conceptos o técnicas no resultaron significativos, pero no debe descartarse que esta actividad no se iba a calificar ni a formar parte de su calificación final, por lo que hay que tomar con reserva los resultados hasta no formalizar (el siguiente curso) la actividad de clase.

Finalmente, se aplicó un cuestionario a los alumnos para conocer cuáles eran las impresiones que generaron tras realizar esta dinámica. Los resultados fueron los siguientes:

Pregunta 1: ¿Qué te pareció la actividad inspirada en ciencia forense?



Pregunta 2: ¿Qué te hizo responder por la opción elegida en la pregunta anterior? Anota por lo menos un par de argumentos.

Como se observa, la gran mayoría de los alumnos tuvo una respuesta favorable o muy favorable hacia la estrategia. Algunos ejemplos de las razones que les condujeron a formar esta opinión son los siguientes:

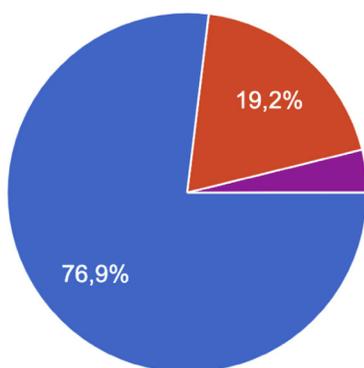
“Siento que fue una práctica muy completa donde usamos varios tipos de reacciones, diferentes sustancias y aparte con un motivo más allá de la experimentación, pues hubo una historia y una razón detrás de cada prueba.”

“Me pareció una actividad muy dinámica e interesante. Estaba muy bien planeada y en ningún momento me pareció aburrida. A parte se emplearon temas que ya eran conocidos, por lo que no implicó explicar nuevas cosas complejas.”

“Fue una experiencia muy divertida e informativa. Mediante el planteamiento de la situación al principio de la práctica, pude entrar en el caso. A partir de eso y de realizar cada una de las pruebas (luminol, huellas y polvo blanco), puse a prueba muchos de los conocimientos aprendidos durante la clase de Química de forma crítica y divertida. Pude darme una idea de que comprende la carrera de Química Forense y de parte de los procedimientos que esta disciplina sigue para resolver casos. Me hizo reflexionar de las distintas formas en que la química puede ser empleada fuera de las escuelas.”

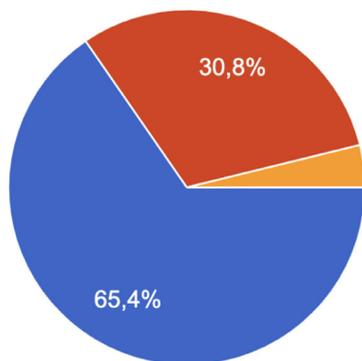
Como podemos observar, las respuestas abiertas de los alumnos muestran una apreciación ampliamente favorable con respecto a la estrategia propuesta. Además, de acuerdo con sus opiniones, para la mayoría fue posible vincular las pruebas realizadas con el temario de la clase, observar la utilidad de la química para la ciencia forense y la utilidad de los temas abordados para enfrentar problemas reales. Las razones por la que los alumnos consideran atractiva la estrategia realizada se centran en lo entretenido de la dinámica, el conocimiento y contexto que pudieron vincular con el temario de la clase, y la posibilidad de imaginar el trabajo aplicado de la química en una profesión de interés creciente como la que realiza un científico forense.

Pregunta 3: ¿Crees que se aprende y repasan temas de química de manera divertida con actividades como esta?



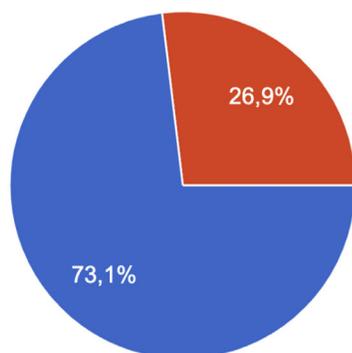
- Si, mucho, al aplicar conceptos conocidos y conocer nuevos fenómenos
- Si, bastante, complementa lo que ya hacemos en clase y laboratorio
- No, porque no hay relación con lo aprendido en clase y laboratorio
- No, ya que no tiene nada que ver y no se entiende lo que hicimos
- Si, mucho, al aplicar conceptos y conocer nuevos fenómenos

Pregunta 4: Es relevante, pero a la vez triste que la ciencia forense sea cada vez más importante en nuestro país. ¿Qué tanto la actividad te hizo tomar conciencia sobre la relación entre química y otras ciencias aplicadas a una profesión?



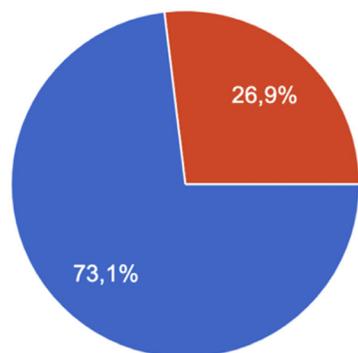
- Mucho, ya que los peritos fiscales necesitan evidencias científicas, perfiles psicológicos y conocimiento de los co...
- Mucho, porque la parte científica (las evidencias) es lo más importante
- Poco, ya lo sabía de ver series de detectives en televisión
- Nada, la actividad no me hizo consciente de nada relevante al respecto

Pregunta 5: ¿Qué tanto te parece que la química de secundaria sirve para comprender mejor lo que sucede en la vida cotidiana y en otros contextos (naturales o sociales)?



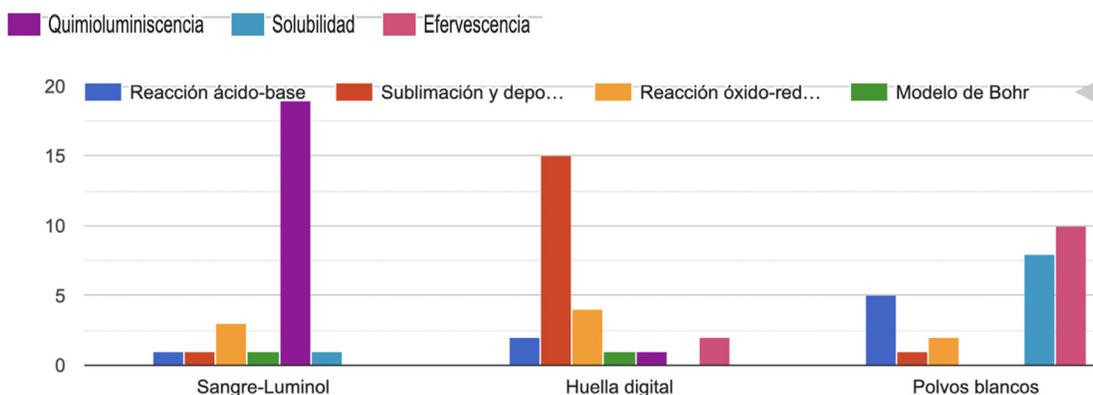
- Mucho, es indispensable conocer los conceptos básicos de química para vivir mejor
- Mucho, pero es difícil vincular lo que hacemos en el laboratorio y en teoría con la realidad
- Poco, a los que se nos dificultan las ciencias no nos interesa estudiarlas y...
- Nada, no veo la vinculación aunque intenten los autores de libros y profes...

Pregunta 6: ¿Crees que hubieras podido llegar a los mismos resultados en la actividad si no hubieras estudiado antes temas como las propiedades físicas y químicas de las sustancias?



- No, era muy necesario recordar conceptos y métodos para resolver el dilema
- No, aunque era no era muy obvia la relación entre las pruebas realizadas y la clase
- Si, era muy sencillo seguir el procedimiento y no necesitaba conoci...
- Si, ya que lo que menos me interesaba era la vinculación con la asignatura

Pregunta 7: Relaciona la prueba realizada con el tema de química o física vinculado. Puede haber más de una respuesta.



De la gráfica anterior podemos decir que hay una notable vinculación entre el tema de clase con la actividad. El único tema nuevo que se abordó con la estrategia fue el de quimioluminiscencia. Al ser el de mayor novedad es el que todos identificaron relacionado a la reacción de identificación de sangre por luminol. Se observa que para las reacciones redox (se estudian al final del curso de Ciencias III) son las que se correlacionan con menor grado de acierto a las pruebas realizadas, lo cual es esperable ya que este tipo de reacciones son de mayor dificultad que las de tipo ácido-base para los estudiantes de esta edad y es un tema que se comprenderá mejor más adelante en el bachillerato.

Consideraciones finales

Como se observa en el tipo de respuestas que describieron los estudiantes tanto en las hojas de respuesta (ver Anexo 2) como en el cuestionario de salida (opinión) aplicado, podemos constatar que para estudiantes de secundaria fue posible realizar un trabajo contextualizado e interdisciplinar con base en técnicas de ciencia forense. Vimos que los participantes, adicionalmente a lo que se esperaba (recordar y aplicar conceptos, actitudes y habilidades desarrolladas a lo largo del curso), lograron argumentar y cuestionar algunas de sus posturas iniciales, favoreciendo sus habilidades sociales y de comunicación durante la sesión. Lo anterior se evidenció al probar sus hipótesis e ideas de manera colaborativa, cambiando de opinión y mejorando sus argumentos a medida que tenían más evidencias (resultados de las pruebas físico-químicas realizadas) para llegar a la respuesta correcta final, en este caso, la culpabilidad del mayordomo. El andamiaje resultó efectivo y fácil de responder; lo cual se tradujo en un trabajo ágil y sin complejidades adicionales a las planteadas por las pruebas experimentales. Sin duda alguna, el momento estelar es la reacción de quimioluminiscencia entre el luminol y el agua oxigenada catalizada por la presencia de sangre en los utensilios (presuntas armas) de los sospechosos, pero la fascinación que produce el breve momento que dura la reacción, se complementa idóneamente con el resto de las actividades y el interés que plantea el reto de hallar un culpable, por simplificado e inocente que haya significado el planteamiento.

La actividad, y con base en los hallazgos obtenidos en el cuestionario-encuesta final, si logró contribuir significativamente en despertar el interés y la curiosidad por la ciencia forense como opción profesional, y, lo más importante, desarrollar la creatividad a partir de la elaboración de hipótesis y el uso de modelos para comprender mejor y aplicar los conocimientos adquiridos durante el curso a la resolución del problema de manera relajada y entretenida. Como ya se ha comentado anteriormente, este tipo de actividades, bien elaboradas y sin abusar de ellas a lo largo del curso, favorecen la construcción de un ambiente motivador, agradable y rico en situaciones nuevas y desafiantes, mismas que pueden utilizarse como punto de partida de una estrategia o, como fue en este caso, como cierre de ciclo recreativo y ya fuera del entorno evaluativo de los aprendizajes. Creemos que este ambiente generado ayuda de manera creciente a lo largo de los siguientes cursos de ciencias en bachillerato y licenciatura a que los alumnos aumenten su autonomía en la clase de química, su pensamiento crítico y reflexivo y mejore sus actitudes frente a los procedimientos investigativos en el aula.

Como continuación de esta propuesta pueden considerarse actividades experimentales en el bachillerato en el que la reacción de luminol se realice en diferentes condiciones y llevar a los estudiantes a la elaboración de modelos explicativos basados en estrategias de enseñanza a través de la indagación, así como reforzar la actividad presentada en secundaria con la investigación de las reacciones realizadas durante el estudio del cambio químico, tanto en el tema de reacciones ácido-base como óxido-reducción.

AGRADECIMIENTOS: Agradecemos a las autoridades, profesores de Química y estudiantes de tercer grado de secundaria del Colegio Madrid A.C. de la Ciudad de México su entusiasta colaboración, su valiosa aportación de ideas y participación en la realización de este trabajo.

Referencias

- Azman, A. M. (2020). Fast, Easy, Reproducible Method for Planting Fingerprints for Ninhydrin, Iodine Development. En *Journal of Chemical Education* (Vol. 97, Issue 2, pp. 571-573). American Chemical Society (ACS). <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00357>
- Barni, F., Lewis, S. W., Berti, A., Miskelly, G. M., & Lago, G. (2007). Forensic application of the luminol reaction as a presumptive test for latent blood detection. *Talanta*, 72(3), 896-913. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2006.12.045>
- Departamento de Justicia de los Estados Unidos. (2017). El libro de referencia de las huellas dactilares. Instituto Nacional de Justicia. <https://www.ojp.gov/pdffiles1/nij/249575.pdf>
- García-Molina, Rafael (2011). Ciencia recreativa: un recurso didáctico para enseñar deleitando. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8,370-392. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92022427002>
- Sebastiany, Ana Paula, & Miskinis Salgado, Tania Denise, & Camara Pizzato, Michelle, & Diehl, Ivan Francisco (2013). Aprendiendo a investigar por medio de la ciencia forense e investigación criminal. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(3),480-490. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92028240013>
- Sosa Reyes, Ana María. (2017). Del laboratorio al juzgado. Enseñanza de las ciencias para el ejercicio forense. *Educación química*, 28(4), 238-245. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2017.09.001>

ANEXO 1 ¿Qué le pasó al gato?

Se anuncia la desaparición de la víctima:

La inspectora Leyla Casablanca recibió en su dispositivo celular un mensaje muy temprano aquella mañana. Había sido designada para investigar el asesinato del gatito “Mixi” la noche anterior en una vieja mansión de la Colonia Roma, en la CDMX. Mixi era el único heredero de la acaudalada Sra. Edelmira de la Luz Ribadeneira y de los Santos, quien había fallecido recientemente a la edad de 102 años en la plenitud de su vida. De su vejez, mejor dicho. Se apresuró para arreglarse, desayunar, tomar un taxi al lugar de los hechos e iniciar la investigación. El crimen no quedaría impune.

II.- Los sospechosos del caso

Mixi había quedado al cuidado del Mayordomo, el Sr. Perdomo, fiel servidor de la Sra. Ribadeneira a lo largo de los últimos 40 años. De esos, los últimos 15 los había dedicado también a Mixi, por deseo expreso de su dueña, quien lo consentía con todo lo mejor que puede tener un gatito de alta sociedad. Bajo palabras expresas del Sr. Perdomo, Mixi comía, dormía y descansaba mejor que cualquiera en esa casa. Por supuesto, mucho mejor que él. En el lugar de los hechos, se encontraban además otras dos personas, según ellas, muy afectadas por lo sucedido. La primera era el sobrino de la difunta, Eduardito Duterte Ribadeneira, joven, guapo y seductor (por supuesto intentó conquistarla de inmediato) quien le explicó que adoraba a su tía y sentía mucho la desaparición y posible muerte de Mixi. Leyla se había informado en la prensa y sabía que en años pasados Eduardito había sido desheredado por su tía dada su conducta poco decorosa, una amenaza para el buen nombre de la familia. Fue el momento en que la fortuna completa pasó a Mixi. La tercera persona era una de las vecinas de la casa. Ernestina Flores de la Fuente, quien rápidamente comentó con la inspectora su pesar por los acontecimientos. Cuando Leyla platicó con ella dedujo que se trataba de una persona muy educada, amante de los jardines y, lo más notable, supersticiosa y algo envidiosilla de lo ajeno. Hay que apuntar que Mixi era un precioso gato negro de ojos amarillos que lanzaba miradas penetrantes y mostraba sus colmillos afilados a la menor provocación. Todo quedó registrado en la libretita de la inspectora.

III.-Las evidencias

En el lugar de los hechos, después de un minucioso sondeo por parte de los peritos se encontraron tres tipos de evidencias:

- a) Tres objetos metálicos (diferentes) probablemente pertenecientes a los sospechosos (una navaja suiza, un cuchillo de cocina y un rastrillo pequeño de jardinería. Ninguno exhibe muestras visibles de sangre.
- b) Huellas digitales de distintas personas
- c) Un polvo blanco derramado en el piso que reacciona (con efervescencia) al agregar agua.

IV.-¿Qué posibles móviles (motivos) tenían los sospechosos?

Leyla sospechaba de los tres. ¿Cuál es el móvil que tenía cada uno para matar a Mixi? Anótenlo en su hoja de respuestas en la Tabla 1 (como la que ves ahora)

SOSPECHOSO(A)	Mayordomo	Sobrino	Vecina
Motivo			

TABLA 1: Posibles móviles del crimen de cada sospechoso.

Pregunta 1: ¿Es posible incriminar a alguno de los tres en este momento? ¿Qué pruebas se necesitan de acuerdo con las evidencias encontradas? Contesten en la página 1 de la hoja de respuestas. Responder en hoja de respuestas.

V.-La investigación de los sospechosos: la utilidad de la química forense

Leyla sabe que no puede resolver el caso sin la intervención de los talentosos peritos forenses. Cada equipo recibirá una charola con evidencias recogidas en el lugar de los hechos y en el registro de la ropa que llevaban puesta los sospechosos y de algunos otros objetos encontrados en sus habitaciones (todos a resguardo de las autoridades en la mansión Rivadeneira).

Su misión es realizar las pruebas físicas y químicas para ayudar a la inspectora Leyla y a la fiscalía (justicia) a encontrar la o él culpable.

Prueba 1: ¿Hay sangre en las presuntas armas?

En su caja de evidencias hay una bolsita de plástico con 3 cubiertos de plástico, que simulan cada una de las presuntas “armas” con las que se podría haber cometido el crimen.

Cuchillo: *cuchillo metálico encontrado en el cuarto del mayordomo*

Tenedor: *rastrillo encontrado en el cuarto de la vecina*

Cuchara: *Navaja encontrada en el cuarto del sobrino*

Sáquenlas con cuidado (y con guantes) de la bolsa. Colóquenlas en el lugar más oscuro que puedan encontrar en el lugar donde trabajen y rocíenlas con el revelador de luminol (Mezcla de tres partes iguales de una disolución 0.4 M de NaOH, H₂O₂ (agua oxigenada) y luminol 0.04M)

Anoten en la tabla 2 de la hoja de respuestas si hubo aparición de sangre (se revela en forma de un color azul quimioluminiscente que se aprecia en la oscuridad) en alguna de las tres armas.

TABLA 2: Indicios de sangre en las posibles armas.

<i>Presunta arma</i>	<i>Cuchillo</i>	<i>Rastrillo</i>	<i>Navaja</i>
<i>¿Hay indicios de sangre? sí o no.</i>			

Luego contesten la pregunta 2 en la hoja de respuestas.

Pregunta 2: *¿Sirve en este caso la prueba de luminol para determinar el culpable? ¿Por qué?*

Prueba 2: Huellas digitales

Parte a) ¿Cómo se puede “revelar” una huella digital? Cada uno de ustedes obtendrá la huella digital de su dedo índice frotándolo primero en la parte más grasosa de su nariz. Colocar la huella sobre la superficie plastificada y colocarla en la cámara de revelado. En la cámara de revelado hay perlitas de yodo (I2). El yodo es una sustancia colorida que sublima a temperatura ambiente (¡Cuidado!, no aspirar los vapores porque son tóxicos, muy reactivos). Esperar entre 5 y 10 minutos y observar la huella revelada.

En su hoja de respuesta contesten lo siguiente:

Pregunta 3: *¿Qué es la sublimación? ¿Qué es la deposición? ¿Son cambios físicos o químicos? ¿Qué sustancia se deposita en la huella digital? ¿De qué color es? Anoten qué tipo de huella tiene cada miembro del equipo.*

Parte b) Como ya habíamos explicado antes, la huella encontrada en el lugar de los hechos es de tipo espiral. Busquen la huella de cada uno de los implicados y comparen la forma de cada una de ellas contra la del probable criminal.

Completen la tabla 3 en su hoja de respuestas:

TABLA 3: Tipo de huella digital de los sospechosos.

<i>Sospechoso</i>	<i>Mayordomo</i>	<i>Sobrino</i>	<i>Vecina</i>
<i>¿Tipo de huella digital?</i>			

Pregunta 4: *¿Es posible decidir que alguno de los tres sospechosos es inocente con esta prueba? ¿Quién? ¿por qué?*

Prueba 3: Análisis del polvo blanco

En su caja de evidencias hay tres muestras de polvo blanco fijadas en una superficie pegajosa. Agregar a cada una dos gotas de agua destilada con un gotero o pipeta Beral y esperar 15 segundos, anotar lo que se observa.

Anotar los resultados en la tabla 2 de su hoja de respuestas. Las posibilidades son:

- a) El polvo blanco es soluble en agua
- b) El polvo blanco es insoluble en agua
- c) El polvo blanco reacciona al agregar agua

Anoten los resultados en la tabla 4 de su hoja de respuestas: Contesten si o no en cada caso.

<i>Polvo/efecto de agregar agua</i>	<i>Sal de Uvas Mayordomo</i>	<i>Edulcorante Sobrino</i>	<i>Polvo para hormigas Vecina</i>
<i>¿Reacciona en agua? ¿efervesce?</i>			
<i>¿Es soluble en agua?</i>			

TABLA 4: Análisis de solubilidad del polvo blanco y/o reactividad con agua.

Pregunta 5: *¿En qué podría consistir la mezcla que reacciona con agua con efervescencia? ¿Qué tipo de reacción de las que estudiaron este año es la que se lleva a cabo al agregar el agua?*

Pregunta 6: *¿Coincide la propiedad de solubilidad y reactividad en agua de cada polvo con las propiedades de la sal de uvas, del edulcorante y del talco? ¿Por qué? ¿Por qué a los bebés les ponen talco después de cambiarles el pañal?*

Pregunta 7: *¿Sabemos algo más sobre el o la posible culpable con esta prueba? ¿Por qué?*

Pregunta 8: *¿Podría Leyla incriminar a alguno de los tres sospechosos con el resultado de esta prueba? ¿Por qué?*

CONCLUSIÓN: *¿QUIÉN HIZO DESAPARECER AL GATO?...*

Para concluir y llegar a la determinación pericial y criminalística del caso completen la tabla 5 en la que se muestra un resumen del resultado de todas las pruebas. El o la autora de los hechos debe cumplir con todos los criterios de las evidencias

<i>Sospechoso(a)</i>	<i>Mayordomo</i>	<i>Sobrino</i>	<i>Vecina</i>
<i>Trazas de sangre en el arma.</i>			
<i>Forma de la huella digital (espiral)</i>			
<i>Solubilidad/reactividad con agua (polvo blanco efervescente)</i>			

TABLA 5: Resumen de resultados para determinar al culpable.

Leyla está ahora en posición de saber y dar respuesta a la pregunta 9 ¿Quién mató al gato?!!! Por supuesto al dar la inspectora su inapelable veredicto, hubo por parte del (la) culpable una confesión con llanto y arrepentimiento y disculpas a todos los presentes.

EPÍLOGO: Una semana después y tras la aclaración y pago de la multa correspondiente a la Sociedad Protectora de Animales, Mixi apareció un poco flaco y con un maullido apenas audible todavía le quedaban otras 3 o 4 vidas al afortunado minino.

ANEXO 2. Hojas de respuesta

HOJA DE RESPUESTAS:

GRUPO:
FECHA:
INTEGRANTES DEL EQUIPO (sólo nombre)
Penélope Patrón, Zoé Mar, Roberto Villareal

Vamos por partes...

1.- ¿Cuál es el móvil o posible motivo que tenía cada uno para deshacerse de Mixi? Pueden ser más de uno. Anotarlos en la tabla

Tabla 1: Los posibles móviles del crimen

SOSPECHOSO(A)	Mayordomo	Sobrino	Vecina
Motivo(s)	rencor no le dejo nada y trabajo por 40 años	rencor	venganza era supersticiosa

Pregunta 1: ¿Es posible incriminar a alguno de los tres en este momento? ¿Qué pruebas se necesitan de acuerdo a las evidencias encontradas? Contesten en la página 1 de la hoja de respuestas.

HOJA DE RESPUESTAS:

GRUPO:
FECHA:
INTEGRANTES DEL EQUIPO (sólo nombre)
Penélope Patrón, Zoé Mar, Roberto Villareal

Vamos por partes...

1.- ¿Cuál es el móvil o posible motivo que tenía cada uno para deshacerse de Mixi? Pueden ser más de uno. Anotarlos en la tabla

Tabla 1: Los posibles móviles del crimen

SOSPECHOSO(A)	Mayordomo	Sobrino	Vecina
Motivo(s)	rencor no le dejo nada y trabajo por 40 años	rencor	venganza era supersticiosa

Pregunta 1: ¿Es posible incriminar a alguno de los tres en este momento? ¿Qué pruebas se necesitan de acuerdo a las evidencias encontradas? Contesten en la página 1 de la hoja de respuestas.

b) Huellas digitales

De acuerdo a los resultados obtenidos:

Pregunta 4: ¿Qué es la sublimación? ¿Qué es la deposición? ¿Son cambios físicos o químicos? ¿Qué sustancia se deposita en la huella digital? ¿De qué color es? Anoten qué importante (características) que ocurren en el revoleado de yodo.

- La sublimación es el proceso de un sólido a gaseoso sin pasar por líquido
- La deposición es cuando un gas pasa a sólido sin pasar por
- SON cambios físico:
 - Se deposita yodo en la huella digital
 - yodo era color negro
 - La huella era espiral

Tabla 3: Tipo de huella digital de los sospechosos y la evidencia tomada de la escena.

Sospechoso	Mayordomo	Sobrino	Vecina	Evidencia
¿Tipo de huella digital?	espiral	espiral	lora	

Pregunta 5: ¿Es posible decidir que alguno de los tres sospechosos es inocente con esta prueba? ¿Quién? ¿por qué?
Si, probablemente la vecina no es la asesina pues su huella no coincide con el perfil del asesino.

c) Análisis del polvo blanco encontrado

Tabla 4: Análisis de solubilidad del polvo blanco y/o reactividad con agua

Polvo/efecto de agregar agua	Sal de Ureas (Mayordomo)	Edulcorante (Sobrino)	Talco perfumado (Vecina)
¿Reacciona en agua? ¿efervesce?	efervesce		
¿Es soluble en agua?		soluble	soluble

En tu hoja de respuestas contesta:

Pregunta 6: ¿En qué podría consistir la mezcla que reacciona con agua con efervescencia? ¿Qué tipo de reacción de las que estudiaron este año es la que se lleva a cabo al agregar el agua? Bicarbonato de sodio con ácido cítrico

Pregunta 7: ¿Coincide la propiedad de solubilidad y reactividad en agua del polvo encontrado en la escena del crimen con las propiedades de la sal de uras, del edulcorante y del talco? ¿Por qué? ¿Por qué a los bebés les ponen talco después de cambiárselos el pañal? Si coinciden el talco es un polvo insoluble por eso se usa para protegerse del contacto con el agua.

Pregunta 9: ¿Podría Leyla incriminar a alguno de los tres sospechosos con el resultado de esta prueba? ¿Por qué?
Por que el mayordomo tiene el mismo polvo.

Tabla 5: Resumen de resultados para determinar al culpable

Sospechoso(a)	Mayordomo	Sobrino	Vecina
Trazas de sangre en el arma	✓	✓	✓
Forma de la huella digital (espiral)	✓	✓	✗
Misma solubilidad/reactividad con agua (polvo blanco)	✓	✗	✗

Pregunta 10 ¿Quién mató al gato?
EL MAYORDOMO

ANEXO 3. Diapositivas electrónicas

¿Qué le pasó al gato?



La inspectora Leyla Casablanca se dispone a investigar el presunto asesinato de “Mixi”, el gato de la difunta Edelmira de la Luz Ribadeneira y de los Santos.

Lugar de los hechos: La antigua casona-mansión de la colonia Roma, donde Mixi era el único heredero habitante desde hace un mes, tras la muerte de la dueña.

Sospechoso I

Sr. Perdomo:

Mayordomo al servicio de la Señora Ribadeneira por más de 40 años. No recibió nada de la herencia a pesar de ser su prolongado y fiel servicio.



Sospechoso II

Eduardito Duterte Ribadeneira:

Sobrino de la millonaria exéntrica, desheredado por su tía a causa de su mala conducta.

El gato Mixi pasó a ser el primer heredero de toda la fortuna de Ribadeneira después de los desentendidos entre tía y sobrino.



Sospechoso III

Ernestina Flores de la Fuente:

Vecina (casa colindante) de la casona donde suceden los hechos. Aparente detractora del gato Mixi (supersticiosa) y usual señora tóxica que nada le parece. Rasgo: le encanta la jardinería.



Su reto: ayudar a Leyla a encontrar al (a) culpable. Identificar móvil del crimen y análisis de información. Investigar:

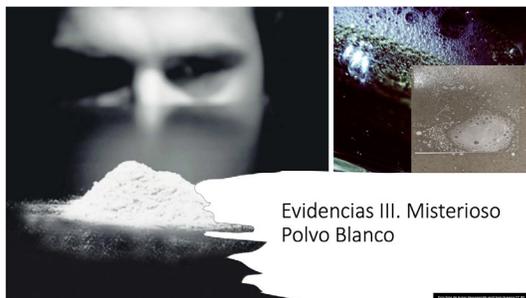
Sospechosos(a)/evidencia	Mayordomo	Sobrino	Vecina
En su habitación	Un cuchillo de cocina,	Una navaja suiza	Un rastrillo de jardinería con punta afilada
En su bolsillo	Salas de Uvas Picot.	Sobrecito de edulcorante	Pulso para las hormigas.
Móvil posible			



Evidencias I. Posibles armas del crimen



Evidencias II. Huellas dactilares.



Evidencias III. Misterioso Polvo Blanco

Pruebas forenses/físico químicas

SOSPECHOSO	DETERMINACIÓN DE SANGRE (no se aprecia a simple vista)	SOLUBILIDAD DE UNA MUESTRA EN AGUA	REACTIVIDAD DE UNA MUESTRA EN AGUA
MAYORDOMO	LUMINOL (cuchillo de plástico) ?	?	?
SOBRINO	LUMINOL (cuchara de plástico) ?	?	?
VECINA	LUMINOL (tenedor de plástico) ?	?	?



Prueba de
Huella digital/
revelado con
yodo

¡A trabajar!

- Prueba 1: luminol/ evidencia de sangre
- Prueba 2: Huella digital (revelado con yodo)
- Prueba 3: Análisis polvo blanco