

¿CULPABLE O INOCENTE? LA QUÍMICA EN LA INVESTIGACIÓN POLICÍACA

Pilar Montagut B., Carmen Sansón O. y Rosa María González M¹.

Resumen

Para que los trabajos experimentales propicien el desarrollo de habilidades del pensamiento y procedimentales, deben ser variados en cuanto a enfoque, método y contenido. Los expertos opinan que el aprendizaje será más efectivo cuando el alumno desarrolle destrezas de mayor nivel al resolver problemas abiertos. En esta propuesta el estudiante resuelve una investigación policiaca realizando diversas reacciones químicas. El trabajo se lleva a cabo en equipo, los alumnos investigan las pistas presentadas, discuten el procedimiento y descubren al culpable de acuerdo a las evidencias obtenidas. Finalmente se les pide contestar un cuestionario, el cual nos permite conocer su opinión sobre esta propuesta.

Palabras claves: Metodología investigación, actividad experimental colaborativa.

Abstract

In order for experimental works to foster the development of thinking and processing abilities, they have to be diversified in terms of focus, methodology and content. Learning will be more effective when the student develops high-level skills to solve open problems. In this proposal, the student solves a "police" investigation through diverse chemical reactions. The work is performed in a team, the students search for the presented clues, discuss the procedure, and deliver the results according to the obtained evidence. In the end, they answer a questionnaire, which allows us to know their opinion on this proposal.

Keywords: Methodology, investigation, experimental activity, work in a team.

Introducción

Anteriormente se consideraba que los estudiantes sólo podrían comprender las teorías científicas si ellos mismos reproducían los experimentos "cruciales", es decir, que sólo entenderían los conceptos científicos repitiendo el trabajo de los investigadores. Sin embargo, se han escrito diversos artículos que manifiestan fuertes críticas a este tipo de actividades escolares y en los cuales se proponen innovaciones, tanto en el enfoque como en el método y el contenido. En estos trabajos se plantea que los objetivos de los trabajos experimentales han de ser diversificados y dado que estos objetivos condicionan su diseño, dando lugar a diferentes tipos de prácticas que son útiles para el aprendizaje de procedimientos científicos y que las mejores son las de un nivel de indagación alto.

Una de las alternativas propuestas para modificar las actividades prácticas, es plantearlas como problemas a resolver, más que como ilustraciones de teorías. La resolución de problemas, así entendida, es una de las formas de aprender, una estrategia de enseñanza, y no un simple ejercicio de aplicación de una teoría (Reigosa, 2000).

¿Qué características deben tener los problemas propuestos en las prácticas para corresponder con la cultura científica? El aprendizaje es más efectivo si el alumnado desarrolla destrezas de nivel más alto, llevando a cabo experiencias en contextos cotidianos, es decir, próximos al mundo real. Los problemas auténticos se entienden como aquellos que se sitúan en un contexto cercano al estudiante (son creíbles) y cuya solución no está definida de antemano, pudiendo no ser la única.

Con base en estos supuestos se presenta la adecuación de un artículo de la revista *Journal of Chemical Education* (Van Doren, 1997) en el que se trata de descubrir al ladrón de una pintura valiosa. Se adaptó al protocolo experimental de la asignatura Química General I y utilizó la técnica de microescala.

¹Departamento de Química Inorgánica y Nuclear, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México. pilarmb@servidor.unam.mx ; csanso@servidor.unam.mx, muradas@servidor.unam.mx

Metodología

El estudio se llevó a cabo con un grupo de alumnos inscrito en la asignatura Química Básica que cursan los estudiantes que ingresan a la Facultad de Química. Sus edades fluctuaban entre los 17 y 19 años, y sus antecedentes académicos eran heterogéneos, ya que algunos de ellos contaban con muy poca experiencia en el manejo de material y reactivos de laboratorio y otros sí habían tenido la oportunidad de conocerlos y manejarlos.

El trabajo práctico lo realizaron 47 estudiantes, divididos en diez equipos de trabajo, nueve de ellos con cinco integrantes y uno con sólo dos alumnos (no obstante llevaron a cabo todas las pruebas). El tiempo total asignado para la realización del experimento fue de cuatro horas, tiempo equivalente a dos sesiones de laboratorio. Los equipos estuvieron a cargo de las tres autoras del trabajo.

El protocolo de la práctica se entregó a los alumnos al inicio de la sesión de laboratorio. Se familiarizó a los educandos con la estrategia a través de una explicación introductoria. A cada equipo de alumnos (formado por cinco jóvenes, que correspondían a los cinco sospechosos) se les entregaron, en sobres cerrados, las pistas encontradas para cada sospechoso. En cada sobre se colocaron 1, 2, 3, 4 ó 6 pruebas (pistas) positivas (consultar apéndice PARA EL PROFESOR). En el laboratorio se tuvo el cuidado de disponer de las sustancias y materiales para realizar los análisis.

Al terminar las pruebas experimentales, cada alumno comparó la información obtenida con la del resto del equipo, anotando las observaciones y comentarios en el cuaderno de laboratorio (bitácora) para que, al final, el equipo descubriera quién era el ladrón (es decir, el que reunía mayor número de pruebas positivas). Previamente los estudiantes investigaron las reacciones involucradas en cada una de las identificaciones realizadas. Una vez terminado el trabajo experimental se llevó a cabo la discusión entre los equipos y las profesoras, para revisar y valorar lo que se había hecho. Cabe aclarar que a cada equipo se le designó un culpable diferente.

A continuación se presenta el material utilizado.

Protocolo experimental que se entrega a los alumnos:

PARA ATRAPAR AL LADRÓN

La química en la investigación policíaca

Presentación

¿Por qué la labor del químico se asemeja, a menudo, a la de los detectives? Porque ambos pueden buscar indicios que les sirven para revelar la verdadera identidad de una sustancia. Los químicos se enfocan a diferentes áreas y realizan actividades variadas. Por ejemplo los bioquímicos analizan fluidos, como la sangre y la orina, que avisan de la existencia de enfermedades en nuestro cuerpo. Los químicos ambientales realizan pruebas del aire, del agua, del suelo, para controlar sus niveles de contaminación. Los químicos en alimentos llevan a cabo experimentos para determinar si un alimento contiene sustancias tóxicas o alguna bacteria peligrosa. Los químicos forenses realizan muchas pruebas para resolver los crímenes.

Todos estos científicos utilizan una gran variedad de técnicas para analizar las sustancias. La identificación de los componentes de una sustancia se llama análisis cualitativo. La determinación de cuánto de cada componente contiene, se denomina análisis cuantitativo.

En esta práctica, a través de la realización de una serie de experimentos cortos y sencillos, el trabajo en equipo y la observación cuidadosa te permitirán ¡encontrar al o la culpable!

Problema a resolver

El conde de Xala murió recientemente. En su testamento legó a su sobrino mayor, Osvaldo, el maravilloso cuadro del pintor mexicano Saturnino Herrán "La ofrenda" (1913). Osvaldo y su esposa Carla colgaron la obra maestra sobre la chimenea de su enorme sala. Para celebrar su nueva adquisición, la pareja decidió realizar una gran fiesta. En la lista de invitados estaban: Mauricio, el famoso comerciante en arte; Eugenio, el abogado de la familia, y Sonia, la prima de Osvaldo. Como la fiesta era tan importante, contrataron un servicio especial para servir la cena y realizar la limpieza de la casa. Entre Fabiola, la cocinera de la familia, y Daniela, la jefa de banquete, prepararon la cena. Igor, el mayordomo, tuvo a su cargo recibir a los invitados, recoger los abrigos, lavar la vajilla y enseñarles la mansión.

La cena y las bebidas se sirvieron a los invitados en la sala, para que pudieran admirar la valiosa pintura. Todos la pasaron muy bien, excepto la invitada cuyos carísimos zapatos se le arruinaron cuando se inundó el baño. Igor, de manera eficiente limpió los zapatos y destapó el lavabo del baño, utilizando el líquido destapacaños que guardaba bajo el fregadero.

Al terminar la cena, los invitados pasaron al estudio para oír al cuarteto de cuerdas que interpretaba música clásica. Al finalizar el pequeño concierto, todos regresaron a la sala para tomar el café y el té, pero ¡HORROR!, la pintura había desaparecido, sólo quedaba el lujoso marco.

Osvaldo vio un pequeño papel blanco sobre la mesa del café, pero en su enojo lo rasgó en pedazos, ¡era la nota donde se pedía el rescate por el cuadro!

Igor llamó rápidamente a la policía y solicitó a todos los invitados que se quedarán. La autoridad llegó de inmediato, recogió las pistas e interrogó a todas y cada una de las personas que se encontraban en la mansión. Desgraciadamente, llamaron a los investigadores para que acudieran a resolver un caso más grave, antes de completar el trabajo.

Osvaldo y Carla, sabedores de que estudias Química, han encargado el caso A TI. ¿Crees que, una vez reunidas las evidencias, podrías descubrir al ladrón?

¡BUENA SUERTE!

Actividades experimentales

Las averiguaciones de los investigadores avanzaron hasta el punto de establecer que eran cinco los sospechosos de haber realizado el robo: Mauricio, Eugenio, Sonia, Fabiola y Daniela. Forma un equipo con cuatro compañeros más, para descubrir al ladrón. Tu profesora entregará, a cada integrante del equipo, un sobre con el nombre de uno de los sospechosos y que contiene entre 4 a 6 de los materiales encontrados (pistas). Cada uno de ustedes realizará el análisis de las pistas que le tocaron y después el equipo comparará la información obtenida de cada sospechoso, para descubrir al culpable.

Pistas
Polvo blanco
Cristales blancos
Líquido claro
Polvo blanco fino
Pedacitos de hojas de rasurar
Pedazo de la nota de rescate

A continuación, verifiquen las pistas que contienen los sobres que recibieron, realizando las siguientes identificaciones cualitativas.

Pista	Posibilidades de identificación
Polvo blanco	<i>Almidón</i> : en contacto con la tintura de yodo produce una coloración azul intensa <i>Yeso</i> : con la tintura de yodo presenta coloración café
Cristales blancos	Al reaccionar con el nitrato de cobre (II): <i>Fructosa</i> : al calentar produce un precipitado de color rojo <i>Sacarosa</i> : se observa una coloración azul oscuro <i>Cloruro de sodio</i> : forma un precipitado gelatinoso de color azul claro
Líquido claro	En presencia de fenoltaleína: <i>Líquido destapacaños</i> : Se produce una coloración rosa <i>Agua</i> : no se observa cambio
Polvo blanco fino	En contacto con vinagre: <i>Azúcar</i> : no reacciona. <i>Polvo para hornear</i> : se produce efervescencia
Pedacitos de hojas de rasurar	<i>Aluminio</i> : no es atraído por el imán <i>Acero</i> : es atraído por el imán
Pedazo de la nota de rescate	Cromatografía en papel, realizada con una gota de tinta de plumón y la obtenida con la nota de rescate (usar alcohol como eluyente).

El cuadro siguiente contiene las pruebas incriminatorias, para que organices e interpretes los datos obtenidos.

Evidencias	Mauricio	Eugenio	Sonia	Fabiola	Daniela
A = Yeso					
B = Fructosa					
C = Líquido destapacaños					
D = Polvo para hornear					
E = Pedacitos de hojas de rasurar					
F = Tinta de la nota de rescate					

Discusión de los resultados

Una vez concluida la parte experimental, reúnete con tus compañeros de equipo y comparen sus resultados. Determinen quién está implicado en el robo, o es inocente, según las evidencias.

¿Quién es el o la culpable?

El equipo debe entregar en un sobre cerrado, el nombre del ladrón y los motivos que suponen tuvo para robar la pintura, escribiendo el nombre con la tinta invisible que te proporcionará el profesor.

Cuando entre todos los que conforman el equipo hayan identificado al ladrón, entrega un informe que incluya:

- Las pruebas realizadas para las pistas que se te entregaron de cada sospechoso y los resultados.
- El razonamiento seguido por el equipo para establecer quién es el culpable y los motivos que tuvo para robar la pintura.
- Las pruebas que incriminan al ladrón.

Manejo y disposición de residuos

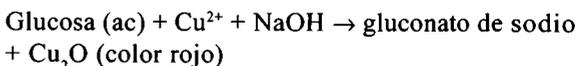
- Pedazos de acero y aluminio. Recolectarlos en una charola o recipiente. Si están mezclados, separarlos con un imán y guardar en frascos limpios, secos y etiquetados.
- El resto de las sustancias se pueden eliminar por la tarja o desagüe, dejando correr el agua durante tres minutos.

Información adicional

1. El almidón es un polisacárido que constituye un producto de reserva de las plantas y se encuentra en forma de gránulos blancos. Es insoluble en agua fría, pero cuando se calienta entre 180°C - 200°C, durante corto tiempo, forma una masa gomosa conocida como "engrudo", que posee un gran poder adhesivo.

Está formado por dos componentes que pueden separarse por tratamiento con agua caliente. Uno es la amilosa en el interior del gránulo, que reacciona con el yodo para formar el complejo almidón-yodo de color azul oscuro. El otro es la amilopectina, que forma la envoltura, y da lugar al engrudo.

2. Cuando la sacarosa (azúcar común) se hidroliza, mediante ácidos diluidos, produce cantidades iguales de glucosa y fructosa. Mediante una reacción de óxido-reducción, en la que se utiliza nitrato de cobre (II), [el ion cobre (II) es el agente oxidante], se identifica la reducción de los azúcares como la fructosa o la glucosa, al formarse un precipitado rojizo.



La sacarosa no reacciona porque es un azúcar que no se reduce, por lo que se observará la coloración azul típica del nitrato de cobre (II).

3. El dióxido de carbono gaseoso se desprende de los carbonatos y bicarbonatos cuando éstos reaccionan con los ácidos, tales como el ácido acético (vinagre). Las burbujas se observan mejor cuando se utiliza el reactivo en forma sólida, aunque la prueba también se puede realizar con una disolución o una mezcla.

4. **Cromatografía.** Es una técnica empleada para la separación de los componentes de una mezcla. La primera cromatografía realizada consistió en separar los pigmentos coloridos de algunas plantas. Existen varios tipos de cromatografía: de adsorción, de reparto, de intercambio, etc. Si se adsorbe en una tira de papel poroso o papel filtro una pequeña cantidad de tinta de pluma para escribir, se observa la formación de franjas o círculos concéntricos, cada uno de los cuales corresponde a uno de los componentes.

5. Los indicadores ácido-base son especies químicas que cambian de color cuando el grado de acidez o de alcalinidad se modifica, es decir, cuando el pH cambia. Los primeros indicadores se obtuvieron de extractos de plantas, como por ejemplo: el extracto de violetas, el litmus y el extracto de rosas rojas. Actualmente los indicadores son compuestos sintéticos como por ejemplo la fenolftaleína, el rojo de metilo y el azul de timol. A continuación se presenta una tabla con algunos de los indicadores más comunes y su rango de viraje de color:

Indicador	Cambio de color (ácido a base)	Intervalo de pH
Anaranjado de metilo	Rojo a amarillo	3.1 - 4.4
Rojo de metilo	Rojo a amarillo	4.4 - 6.2
Azul de bromotimol	Amarillo a azul	6.0 - 7.6
Fenolftaleína	Incoloro a rosa	8.2 - 9.8

Conclusiones sobre la estrategia pedagógica aplicada

La intención de esta propuesta de trabajo experimental fue hacer a un lado el planteamiento tradicional tipo "receta de cocina", favoreciendo que los estudiantes formulen sus propias hipótesis y las sometan a prueba. Por ejemplo, en el caso en que Mauricio fue el culpable, el equipo comentó en su informe escrito que, después de realizar en el laboratorio la identificación para las pistas y verter la información en la tabla de registro de las pruebas incriminatorias:

...el culpable es Mauricio, ya que es la persona que reúne todas las pruebas positivas. En el caso de Eugenio, que era nuestro principal sospechoso, fueron cuatro positivas (yeso, limaduras de hierro, cromatografía, polvo para hornear) y dos negativas (fructosa y líquido destapacaños). Sonia tuvo tres pruebas positivas (fructosa, líquido destapacaños, polvo para hornear) y tres fallaron (limaduras de hierro, cromatografía y yeso). Fabiola presentó dos positivas (hojas de rasurar y polvo para hornear) y las restantes cuatro negativas (yeso, limaduras de hierro, fructosa, cromatografía). Daniela resultó con una sola prueba positiva (líquido destapacaños) y las restantes negativas.

Con estos resultados se ve claramente que el culpable es Mauricio, ya que todas las pistas dieron resultado positivo. Todos los demás sospechosos tuvieron menos resultados positivos que esta persona.

Concluimos que el motivo del robo fue la envidia y la codicia. Él era un famoso comerciante en arte que ya había contactado a un comprador interesado en obras del reconocido pintor para completar su colección de arte mexicano. Además, quería vengarse de Osvaldo y Carla por la suerte de heredar algo tan valioso sin el menor esfuerzo.

Al finalizar el trabajo, se aplicó un cuestionario a los 47 estudiantes, para conocer su opinión sobre esta propuesta; estructurado por ocho preguntas, que contestaron de forma anónima. Se presentan las dos respuestas más frecuentes para cada pregunta.

Cuestionario

Preguntas	Respuesta 1	Respuesta 2
1. Escribe lo que aportó, para tu aprendizaje, el realizar esta experiencia	“Al realizar una experiencia de trabajo con un planteamiento del problema diferente, se tiene una mejor comprensión, análisis y relación teórico-experimental”	“Me da una idea de cómo se aplica la Química en muchos aspectos de la vida cotidiana”
2. ¿Qué aspectos educativos del laboratorio consideras más importantes?	“La comprobación de la teoría por medio de la experimentación, aplicando diferentes técnicas de trabajo e investigación”	“La aplicación de los experimentos en interacción con los compañeros, pues a pesar de que éramos cinco fuimos un muy buen equipo”
3. ¿Qué aspectos del trabajo de laboratorio consideras como un reto?	“Integrar y aplicar los conceptos teóricos nuevos en la experimentación, así como la aplicación de técnicas de laboratorio (manejo de material, manejo de reactivos, etc.)”	“Obtener los resultados esperados al realizar todos los experimentos y saber interpretar tanto los resultados esperados como los resultados no esperados”
4. ¿Puedes recomendar, a otros alumnos, la realización de esta experiencia? ¿Por qué si o por qué no?	“Sí, porque es divertida y fuera de lo común. Me gustaría que hubieran más prácticas con este tipo de objetivos”	“Me llama mucho la atención que nos manejan la práctica como un problema que pasa en la realidad, esto provoca mayor interés y que vuelva divertido el realizarla”

A través de las diversas opiniones, manifestadas en los cuestionarios, podemos apreciar que experimentos como éstos son muy ricos, ya que permiten al estudiante desarrollar habilidades del pensamiento que redundan en ser más crítico y analítico en las labores que emprende. Al pedir a los alumnos que indiquen quién es el culpable y los motivos que tuvo para robar la pintura, sorprende su imaginación en las historias que inventan.

Con esta actividad desarrollan o incrementan su habilidad para escribir textos, ya que como argumentan Ángels Prat y Mercé Izquierdo en el libro *Hablar y escribir para aprender* (1998), que pese a que todos los alumnos utilizan el lenguaje verbal para comunicarse, la realidad muestra que una buena parte tiene dificultades para expresar las construcciones y elaboraciones que han de llevar a cabo a lo largo de su proceso de aprendizaje.

Escribir es una actividad que se considera básica en cualquier situación de aprendizaje, pues como el hablar, conforma la actividad social de comunicación, que es necesaria para enseñar y aprender. Giroux (1990) dice que aprender a escribir es aprender a pensar.

También cabe resaltar que se desarrolla el grado de motivación de los alumnos, se aumenta el interés y se desarrollan actitudes importantes. Las actividades en equipo favorecen el intercambio, la discusión y el trabajo cooperativo entre los estudiantes. Apoyan el aprendizaje social, ya que permiten que expresen y discutan abiertamente sus ideas permitiéndoles tomar las decisiones que consideren oportunas.

Bibliografía

Carrillo, González, Hernández, Montagut, Nieto, Sandoval. *Microescala. Química General. Manual de Laboratorio*. Pearson Educación, México, p.1-32, 2002.

Giroux, M.A.: *Los profesores como intelectuales. Hacia una pedagogía crítica del aprendizaje*. Paidós. MEC, Barcelona, 1990.

Jorba J., Gómez I., Prat Á.: *Hablar y escribir para aprender*. Editorial Síntesis, S.A. Madrid, p. 73, 99 y 101, 1998.

Reigosa Castro, C.E. y Jiménez Aleixandre, Ma. P. La cultura científica en la resolución de problemas de laboratorio, *Enseñanza de las Ciencias*, **18** [2], p. 275-284, 2000.

Van Doren, J., Nestor L. Engaging Students in the Action of Chemistry. An Effective, Fun, and Inexpensive Outreach Program. *Journal of Chemical Education*, **74** [10], p. 1178-1179, 1997.

Apéndice para el profesor.

Armado de sobres:

SOBRE 1	SOBRE 2	SOBRE 3	SOBRE 4	SOBRE 5
Una prueba positiva	Dos pruebas positivas	Tres pruebas positivas	Cuatro pruebas positivas	Seis pruebas positivas
Almidón	Almidón	Almidón	Yeso	Yeso
Sacarosa	Fructosa	Sal	Sal	Fructosa
Destapacaños	Agua	Destapacaños	Agua	Destapacaños
Azúcar	Polvo de hornear	Polvo de hornear	Polvo de hornear	Polvo de hornear
Pedazo aluminio	Pedazo aluminio	Pedazo aluminio	Pedazo hierro	Pedazo hierro
Pluma "x"	Pluma "y"	Pluma "z"	Pluma "Paper mate"	Pluma "Paper mate"

Entrega de sobres variando al culpable para cada equipo:

Grupo 1

Sospechoso	Equipo 1	Equipo 2	Equipo 3	Equipo 4
Mauricio	SOBRE 1	SOBRE 4	SOBRE 3	SOBRE 2
Eugenio	SOBRE 4	SOBRE 5	SOBRE 2	SOBRE 1
Sonia	SOBRE 3	SOBRE 1	SOBRE 1	SOBRE 5
Fabiola	SOBRE 5	SOBRE 3	SOBRE 4	SOBRE 3
Daniela	SOBRE 2	SOBRE 2	SOBRE 5	SOBRE 4

Grupo 2

Sospechoso	Equipo 1	Equipo 2	Equipo 3	Equipo 4
Mauricio	SOBRE 1	SOBRE 5	SOBRE 2	SOBRE 3
Eugenio	SOBRE 2	SOBRE 4	SOBRE 3	SOBRE 1
Sonia	SOBRE 3	SOBRE 3	SOBRE 5	SOBRE 4
Fabiola	SOBRE 4	SOBRE 2	SOBRE 1	SOBRE 5
Daniela	SOBRE 5	SOBRE 1	SOBRE 4	SOBRE 2

Grupo 3

Sospechoso	Equipo 1	Equipo 2	Equipo 3	Equipo 4
Mauricio	SOBRE 5	SOBRE 3	SOBRE 2	SOBRE 4
Eugenio	SOBRE 1	SOBRE 2	SOBRE 3	SOBRE 5
Sonia	SOBRE 4	SOBRE 5	SOBRE 1	SOBRE 3
Fabiola	SOBRE 2	SOBRE 4	SOBRE 5	SOBRE 1
Daniela	SOBRE 3	SOBRE 1	SOBRE 4	SOBRE 2

- La tinta invisible se prepara en el momento de escribir el resultado y consiste en una mezcla de jugo de limón con unas gotas de tintura de yodo. Se escribe el resultado sobre una hoja de papel utilizando un hisopo y se deja secar. Para revelar la escritura se pasa un cerillo o encendedor por la parte de atrás del papel donde se escribió.