

# Predecir, observar, explicar e indagar: estrategias efectivas en el aprendizaje de las ciencias

Predir, observar, explicar i indagar: estratègies efectives en l'aprenentatge de les ciències

Predict, observe, explain and explore: effective strategies in science learning

Gisela Hernández Millán y Norma Mónica López Villa / Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Química. Departamento de Química Inorgánica y Nuclear



## resumen

Generalmente, los trabajos prácticos no forman parte de las estrategias didácticas de los profesores mexicanos de ciencias en el nivel de secundaria debido, entre otros factores, a la infraestructura escolar con la que cuentan. Para fomentar la incorporación de este tipo de actividades, se desarrollaron cuatro experimentos con materiales de fácil adquisición, utilizando las metodologías POE y por indagación. Además del aprendizaje de conceptos, se propició el desarrollo de habilidades fundamentales en ciencias.

## palabras clave

Secundaria, experimentos, indagación, POE, química, formación de profesorado.

## resum

Generalment, els treballs pràctics no formen part de les estratègies didàctiques dels professors mexicans de ciències en el nivell de secundària a causa, entre altres factors, de la infraestructura escolar amb la qual compten. Per fomentar la incorporació d'aquest tipus d'activitats, es van desenvolupar quatre experiments amb materials de fàcil adquisició, utilitzant les metodologies POE i per indagació. A més de l'aprenentatge de conceptes, es va propiciar el desenvolupament d'habilitats fonamentals en ciències.

## paraules clau

Secundària, experiments, indagació, POE, química, formació de professorat.

## abstract

Generally, practical work is not included as part of the teaching strategies of Mexican science teachers at secondary school level due to, among other factors, the school infrastructure. To promote the incorporation of this type of activity, we developed four experiments with materials of easy acquisition, using POE and inquiry methodologies. In addition to the learning of the concepts, this proposal allowed the development of fundamental skills in science.

## keywords

Secondary, experiments, inquiry, POE, chemistry, teacher's training.

## Introducción

Predecir, observar y explicar (POE) es una estrategia de enseñanza que permite conocer qué tanto comprenden los alumnos sobre un tema al ponerlos ante tres tareas específicas: primero, el alumno debe predecir los resultados de algún experimento que se le presenta o que él mismo realiza, a la vez que debe justificar su predicción; después, debe observar lo que sucede y registrar sus observaciones detalladamente, y, finalmente, debe explicar el fenómeno observado y reconciliar cualquier conflicto entre su predicción y sus observaciones.

Esta metodología no es reciente, ya que Champagne, Koplér y Anderson (1980) la propusieron en 1979 para investigar el pensamiento de estudiantes de primer año de Física de la Universidad de Pittsburg. Se la conoció con las siglas DOE (demostrar, observar y explicar) y, posteriormente, Gunstone y White (1981) transformaron la idea de DOE en POE.

Gunstone (1992) menciona que este enfoque ha tenido éxito al promover el cambio conceptual en física. Sin embargo, White y Gunstone consideran que los estudiantes con frecuencia interpretan sus resultados experimentales de manera que sean consecuentes con sus predicciones iniciales.

Por su parte, Hofstein *et al.* (2004) proponen los trabajos prácticos como actividades por indagación, a través de las cuales se fomenta el desarrollo de habilidades de aprendizaje como la identificación de supuestos, el uso del pensamiento lógico y crítico y la consideración de explicaciones alternativas. Estos autores proponen una etapa inicial llamada *preindagación*, en que los alumnos observan un experimento o bien lo realizan siguiendo un protocolo tipo «receta de cocina», pero cuyos resultados son lo suficientemente interesantes como

## A través de los cursos, hemos tenido la oportunidad de constatar que la realización de trabajos prácticos bajo los enfoques por indagación y POE fomenta el desarrollo de algunas de las habilidades necesarias para aprender ciencia y, a la vez, aprender cómo se genera el conocimiento científico

para que surjan algunas preguntas que pueden ser contestadas realizando un trabajo experimental (ahora sí, por indagación). En una segunda fase llamada *indagación*, los estudiantes formulan hipótesis relacionadas con la pregunta que quieren contestar, diseñan un experimento para contestar dicha pregunta y, finalmente, analizan si se comprobó o no su hipótesis.

A través de los cursos que hemos impartido tanto a alumnos de los primeros semestres de la Facultad de Química como a profesores de ciencias de nivel básico, hemos tenido la oportunidad de constatar que la realización de trabajos prácticos bajo los enfoques por indagación y POE fomenta el desarrollo de algunas de las habilidades necesarias para aprender ciencia y, a la vez, aprender cómo se genera el conocimiento científico, todo ello en el marco de la ciencia escolar. Además, al compartir con los profesores de ciencias esta manera de realizar experimentos en el aula, se ha fomentado la realización de pequeños proyectos escolares en que los trabajos prácticos están vinculados a problemáticas locales como la reforestación, el reciclaje de basuras o las campañas de nutrición para niños y adolescentes.

A continuación describimos las estrategias de enseñanza y los experimentos realizados bajo estas propuestas, los cuales, al ser sencillos y de rápida realización, nos permitieron dedicar más tiempo a la comunicación, a la discusión y al análisis de los resultados. Las actividades experimentales 1 y 2 se tra-

bajaron de acuerdo con la propuesta de Hofstein; la 3 y la 4, utilizando el enfoque POE.

### Actividad experimental 1: «Un desayuno metálico»

Esta actividad se realizó con profesores de secundaria en el marco de un curso de actualización. El objetivo fue mostrarles una metodología de trabajo experimental para que posteriormente ellos mismos propusieran una actividad que realizarían sus estudiantes de manera similar.

A cada equipo de maestros se le entregó cereal fortificado con hierro, un vaso de precipitados de 250 mL, agua del grifo, una parrilla de calentamiento con agitación magnética, una barra magnética y unas pinzas para crisol (fig. 1).

Durante la fase preindagatoria, realizaron lo siguiente: llenaron el vaso de precipitados con el cereal y agregaron agua hasta cubrirlo, introdujeron la barra magnética en el vaso, lo colocaron sobre la parrilla de agitación y lo dejaron en agitación durante 20 min (fig. 2). Después, con las pinzas, sacaron la barra y la enjuagaron cuidadosamente.



Figura 1. Materiales y equipo para el experimento «Un desayuno metálico».



Figura 2. Extracción del hierro en el cereal fortificado.



Figura 3. El hierro del cereal fortificado se puede recoger con una barra imantada.

Tabla 1. Clasificación de algunas de las preguntas que propusieron los profesores

Preguntas de nivel bajo	Preguntas de nivel alto
¿Por qué le ponen hierro al cereal?	¿Qué función tienen los jugos gástricos para procesar el hierro metálico que ingerimos?
¿Es dañino el consumo excesivo de hierro?	Si se espera un tiempo y se oxida el polvo, ¿es posible que se pueda utilizar el imán y obtener el mismo resultado?
¿Cuál es la ingesta diaria de hierro adecuada para el ser humano adulto?	¿Cómo puedo verificar que lo que se pegó en la barra es hierro?
¿Qué enfermedades nos trae la falta de hierro?	¿El hierro que se sacó con la barra es el mismo con el que se fabrican los tornillos y las tuercas?
¿Cómo puedo consumir el hierro metálico y para qué?	¿Por qué se prefiere adicionar el hierro en forma metálica y no como una sal como el sulfato ferroso?
¿Qué alimentos contienen hierro?	¿El hierro de las verduras se puede extraer de la misma manera que lo hicimos con el cereal?

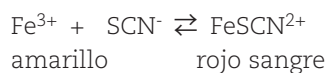
Cuando la pasta de cereal se ha agitado durante un tiempo, en la barra magnética queda adherido hierro metálico, como se muestra en la fig. 3.

Este resultado sorprendió mucho a los profesores, ya que no se imaginaban que en el cereal que consumen hubiera hierro metálico, lo que dio lugar, durante la fase indagatoria, a la formulación de diversas preguntas que clasificamos entre todo el grupo (tabla 1). De acuerdo con Hofstein (2005), las preguntas se clasificaron entre aquellas que se contestan consultando un libro o al profesor (preguntas de nivel bajo) y cuyas respuestas son breves (de una palabra, una frase o una pequeña explicación) y las que solo se pueden responder a través de la realización de otros experimentos o bien de una investigación más profunda (preguntas de nivel alto).

Después de realizar la clasificación anterior y concluir que las preguntas de nivel alto resultaban más interesantes porque fomentaban el desarrollo de algunas habilidades necesarias para lograr un mejor aprendizaje de la ciencia, cada equipo de profesores seleccionó una pregunta y diseñó un experimento para darle respuesta. A continuación describimos lo que realizaron dos de los equipos.

#### Pregunta 1. ¿Cómo puedo verificar que lo que se pegó en la barra es hierro?

Un equipo eligió investigar cómo se podría saber que el sólido extraído era realmente hierro. Para ello, sus miembros investigaron algunas reacciones específicas del hierro y encontraron que muchos metales se disuelven en ácidos minerales como el clorhídrico o el nítrico y que, al hacer reaccionar tiocianato de amonio o de potasio con hierro (III), se forma un compuesto de un color rojo intenso, de acuerdo con la siguiente ecuación:



El color rojo se debe a la presencia del ion sulfociano hierro (III), y para obtenerlo mezclaron 1 mL de una disolución de nitrato de hierro (III) 0,1M con 1 mL de una disolución de tiocianato de potasio 0,1M (fig. 4).

De acuerdo con la información obtenida, procedieron a disolver el hierro extraído de la siguiente manera: colocaron la barra con hierro en un vaso de precipitados con 15 mL de ácido clorhídrico 6M y lo calentaron bajo agitación durante 5 min; observaron que la disolución se torna de color amarillo y se disuelve el hierro; finalmente, realizaron la identificación del hierro extraído del cereal haciendo reaccionar la disolución amarilla con la disolución de tiocianato de potasio, comprobando que sí se forma el color rojo sangre típico del ion  $\text{FeSCN}^{2+}$ .

**Pregunta 2. ¿El hierro de las verduras se puede extraer de la misma manera que lo hicimos con el cereal?**

Un segundo equipo se dedicó a responder esta pregunta. Después de investigar cómo se determina el hierro en alimentos, sus miembros trajeron espinacas, brócoli, pasas, moronga (morcilla), frijoles, etcétera, y procedieron a identificar el hierro realizando el experimento que a continuación se describe (American Chemical Society, 1998): colocaron en una cápsula de porcelana aproximadamente 2,5 g de alguno de los alimentos anteriores; la fijaron sobre un triángulo de porcelana y la calentaron con un mechero Bunsen hasta obtener cenizas, tapando la cápsula para evitar que las cenizas volaran por las corrientes de aire; dejaron que se enfriara;



Figura 4. Identificación de hierro (III). El tubo 3 contiene el ion sulfociano hierro (III).

pasaron las cenizas a un vaso de precipitados; le agregaron 15 mL de HCl 6M y lo calentaron suavemente; filtraron la disolución resultante; tomaron 5 mL del filtrado y le agregaron un poco de tiocianato de amonio sólido; finalmente, observaron la coloración final.

Cabe mencionar que algunas de las hipótesis giraron alrededor de qué alimentos tendrían más hierro; por ejemplo, esperaban que fuera la espinaca (por lo que se dice en el cómic de Popeye el Marino). Aun cuando este experimento se realizó de forma cualitativa, la intensidad del color rojo del ion  $\text{FeSCN}^{2+}$  que se obtuvo en las diferentes muestras contribuyó a confirmar o a rechazar algunas de las hipótesis.

Después, en una sesión plenaria, los equipos presentaron los resultados de sus investigaciones y todos aprendimos más acerca de los diferentes temas tratados, como, por ejemplo, el mecanismo de absorción del hierro en nuestro organismo, la reglamentación de la adición de hierro en alimentos, las reacciones químicas para disolver el hierro y para identificarlo, la composición de los jugos gástricos, etcétera.

### Actividad experimental 2: «En frío y en caliente»

Como parte de otro curso de actualización de profesores, realizamos la siguiente actividad, cuyo objetivo fue presentar a los profesores esta metodología como una opción valiosa para potenciar el aprendizaje y desarrollar en los alumnos habilidades del pensamiento científico mediante actividades experimentales. Las instrucciones que entregamos por escrito fueron las siguientes:

#### Instrucciones

Se realizará ante el grupo una demostración experimental sencilla. Obsérvela con atención y realice lo siguiente:

1. Describa con detalle lo que observó.
2. De acuerdo con lo que ha observado, ¿qué preguntas se haría? Escríbalas, por favor.
3. Elija una de esas preguntas para realizar una investigación.
4. Escriba una hipótesis congruente con dicha pregunta.
5. Sugiera un experimento con el que pueda verificar si su hipótesis es correcta.
6. Realice el experimento.
7. De acuerdo con los resultados que obtuvo, ¿a qué conclusiones puede llegar?

A continuación realizamos frente a ellos el siguiente experimento: en dos matraces Erlenmeyer con la misma cantidad de agua pero a diferente temperatura (20 °C y 80 °C), dejamos caer simultáneamente una tableta de Alka-Seltzer; observamos que en ambos matraces había desprendimiento de burbujas, pero que en el agua caliente ese burbujeo era mayor y que la tableta se disolvía más rápidamente (fig. 5).

Después, cada profesor respondió a los puntos 1 a 5 de las instrucciones, se formaron equipos y compararon sus respuestas. Eligieron una pregunta de las que propusieron y decidieron qué experimento realizar para darle respuesta (fig. 6).

En la tabla 2 se reúnen algunas de las preguntas de nivel alto que surgieron.

Una vez que cada equipo realizó sus experimentos, ambos expusieron ante el resto del grupo lo que hicieron y a qué conclusiones llegaron.

Uno de los equipos decidió investigar si pasaba lo mismo que en la demostración al utilizar solo una fracción de la pastilla, así que sus miembros registraron lo que sucedía al disolver 2,5 g del Alka-Seltzer en volúmenes iguales de agua pero a 70 °C y 50 °C. Como observaron el mismo efecto que con la pastilla completa, concluyeron que la masa que se usa no es un factor relevante.

Otro de los equipos eligió la pregunta: ¿ese antiácido tiene el mismo efecto si nos lo tomamos en agua fría que en agua caliente? Para responderla, sus miembros disolvieron una tableta de Alka-Seltzer en agua fría y otra en agua caliente, y una de las maestras se bebió ambos preparados; registraron el tiempo que tardó en eructar en cada caso y concluyeron que es mejor tomarlo en agua caliente, ya que se eructa más pronto. El grupo no

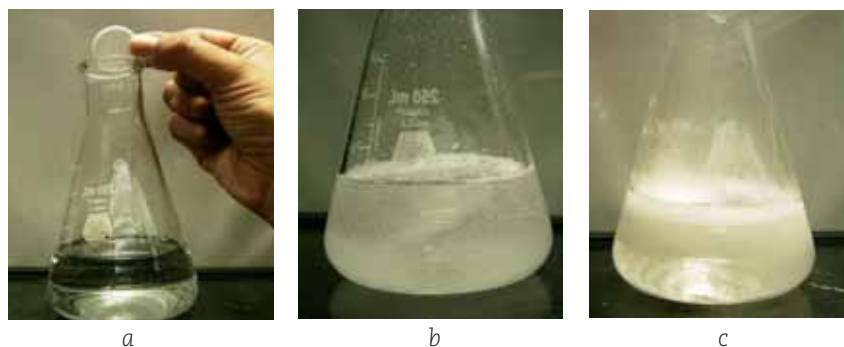


Figura 5. Resultados del experimento del Alka-Seltzer. a) Adición de la tableta; b) disolución en agua fría; c) disolución en agua caliente.



Figura 6. Maestros trabajando en la actividad.

Tabla 2. Algunas preguntas de los profesores sobre el experimento del Alka-Seltzer

¿Pasará lo mismo si en vez de agua se usa otro líquido?
¿Por qué una de las pastillas se disuelve más rápidamente?
¿Sucederá lo mismo con otra pastilla?
¿Pasa lo mismo si se utiliza una pastilla de otro tamaño o si se usa otro volumen de agua?
¿Ese antiácido tiene el mismo efecto si nos lo tomamos en agua fría que en agua caliente?
¿Cuál de los ingredientes del Alka-Seltzer es el responsable del burbujeo?

estuvo de acuerdo con su diseño experimental argumentando que el efecto es diferente en cada persona, que el hecho de eructar no significaba que ya se hubiera neutralizado la acidez estomacal y que no eran fiables sus resultados, ya que para el segundo ensayo la maestra había ingerido una doble dosis del antiácido.

Un tercer equipo investigó lo que sucedería al agregar la misma masa de Alka-Seltzer en agua a la misma temperatura, pero usando la pastilla pulverizada. Sus miembros concluyeron que la presenta-

ción de la pastilla (entera o pulverizada) sí influye en la rapidez con que se disuelve este antiácido, ya que la pastilla en polvo se disolvió más rápidamente.

El cuarto equipo se dedicó a investigar por qué la pastilla se disuelve en menor tiempo en agua caliente, teniendo como hipótesis que «el agua caliente ejerce una fuerza en los sólidos». Su experimento consistió en agregar una grajea de chocolate confitada en agua fría y otra en agua caliente para observar lo que sucedía, concluyendo que el agua a mayor

temperatura hace que el sólido se ablande o se decolore modificando su estado inicial y descomponiéndolo en menor tiempo. Para responder a esta pregunta, era necesario recurrir a un modelo que explicara lo que sucede a nivel nanoscópico, cosa que no puede lograrse a partir de un experimento tan sencillo.

Otro de los equipos revisó lo que decía el folleto del antiácido sobre los ingredientes y se dedicó a investigar qué ingrediente del Alka-Seltzer era el responsable del burbujeo que se observa al agregarlo en el agua. De este modo, sus miembros disolvieron cada uno de los ingredientes en agua a temperatura ambiente, comprobando que en ninguna de esas disoluciones se desprendían burbujas, por lo que decidieron mezclarlas de dos en dos; entonces comprobaron que el burbujeo solo se daba al mezclar la disolución de bicarbonato de sodio con la de ácido acetilsalicílico, o bien con la de ácido cítrico, que son los tres componentes de este antiácido, concluyendo que era la interacción entre estos la que ocasionaba el burbujeo en el agua.

Al escuchar las explicaciones de los maestros, hicimos hincapié en la importancia de manejar un lenguaje claro y preciso, en la importancia del diseño experimental para responder adecuadamente a lo que se investiga y del manejo y control de variables. Respecto a la estrategia de enseñanza, se resaltó que con este tipo de actividades experimentales se fomenta el desarrollo de habilidades como la predicción, la observación, el diseño de experimentos, la argumentación y la comunicación entre pares, todas ellas muy importantes en la formación de nuestros alumnos.

Como parte del trabajo final para aprobar estos cursos, los

profesores modificaron alguna de las actividades experimentales que ya venían realizando, convirtiéndolas en actividades por indagación, y las aplicaron a sus grupos. Actualmente se encuentran en la etapa de análisis y evaluación de los resultados obtenidos.

Ha resultado realmente interesante trabajar de esta forma, pues tanto alumnos como profesores han mostrado mucho interés y entusiasmo en el diseño y la realización de sus experimentos. Consideramos que ello se debe principalmente a que trataban de responder a una pregunta que surgió de ellos mismos y que no fue impuesta por un tercero.

### Actividad experimental 3: «¡Detengan el huevo!»

Esta tercera actividad experimental se realizó con catorce alumnos que cursaban el segundo semestre en la Facultad de Química con la finalidad de familiarizarlos con esta estrategia y saber si lograban establecer predicciones y plantear explicaciones argumentadas respecto a un evento sencillo (fig. 7).

Se entregaron por escrito las siguientes instrucciones:

#### Instrucciones

Contarás con un plato, un huevo crudo y un huevo cocido. Coloca el huevo crudo en el centro del plato y hazlo girar; mientras gira, tócalo suavemente para detenerlo y observa lo que sucede. Realiza lo mismo con el huevo cocido.

- Antes de realizar el experimento, responde a lo siguiente: ¿qué va a suceder con cada huevo?, ¿por qué?
- Realiza el experimento y registra todas tus observaciones.
- Explica a qué piensas que se deben los resultados obtenidos en este experimento.

## Hicimos hincapié en la importancia de manejar un lenguaje claro y preciso y en la importancia del diseño experimental

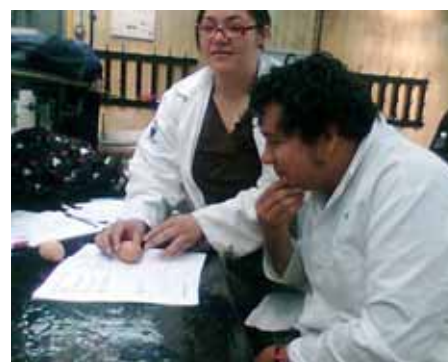


Figura 7. Alumnos realizando el experimento «¡Detengan el huevo!».

El 43 % del grupo no realizó el experimento según las instrucciones. Al parecer, los alumnos no leyeron con atención lo que se solicitó, pues pusieron a girar los huevos y no los detuvieron. En la tabla 3 se muestran algunas respuestas a la pregunta del ítem *a* que dieron los alumnos que sí siguieron las instrucciones.

Tabla 3. Algunas predicciones y explicaciones de los alumnos

¿Qué va a suceder con cada huevo?
El huevo crudo se detendrá más fácilmente por su cascarón poroso, que ayuda a la fricción; el huevo cocido tiene un cascarón menos poroso
Al tocar el huevo crudo, cambiará su trayectoria y perderá el equilibrio, porque su interior es líquido. Al tocar el huevo cocido, su trayectoria se mantendrá firme sin perder el equilibrio, porque es un sólido.
Huevo crudo: al tocarlo, perderá equilibrio, porque su interior es líquido; el cocido será más firme, porque su interior es sólido.
El huevo crudo se detendrá más fácilmente porque es una sustancia viscosa que absorbe la energía que se le proporciona; el huevo cocido, no.
El huevo crudo no se detendrá al instante, porque su masa no está bien distribuida en su volumen; el huevo cocido tiene la masa mejor distribuida.
Ambos se detienen por igual porque su estructura interna es igual.
Es más fácil detener el huevo cocido porque es más rígido que el crudo.
El huevo cocido se detiene porque, al ser sólido, su centro de masa no cambia, lo que no ocurre con el crudo.

Una vez que todos los alumnos entregaron sus respuestas, estaban muy interesados en que les explicáramos por qué el huevo cocido se detiene al tocarlo, mientras que el crudo sigue girando. Es importante mencionar que este experimento está pensado para analizar las manifestaciones de la inercia y que solo un alumno mencionó ese concepto en su explicación.

Un 62,5 % de las explicaciones que dieron esos ocho alumnos al fenómeno observado se refiere al diferente estado de agregación del contenido de los huevos (cocido: sólido; crudo: líquido), argumentando que cambia la estructura interna del huevo o la rugosidad del cascarón, que es diferente la manera en que cada uno absorbe la energía suministrada o bien que tienen diferente estabilidad frente al movimiento giratorio.

Uno de los alumnos da la explicación que consideramos más adecuada: menciona que la inercia del contenido del huevo crudo hace que el huevo continúe moviéndose, mientras que al hablar del huevo cocido dice que,

debido a que su contenido es sólido, si se detiene su movimiento, se detendrá y ya no girará más.

Como cierre de esta actividad, se reflexionó sobre los diversos conceptos que se relacionaron con este fenómeno y acerca de la importancia de argumentar en base a evidencias.

#### Actividad experimental 4: «El globo en el matraz»

Este experimento fue realizado en dos ámbitos diferentes: un curso de actualización de profesores y un curso regular de química general para estudiantes de primer semestre universitario (fig. 8).

El objetivo de presentar este experimento a los profesores fue que aplicaran el modelo cinético-corpúscular que ya habían construido a la explicación del fenómeno. Con los estudiantes, nuestro propósito fue partir de este experimento para construir el modelo cinético-corpúscular que, si bien ya lo han estudiado, hemos comprobado que no lo tienen suficientemente claro, por lo que posteriormente presentan dificultades en la comprensión de temas como la reacción química.

Las instrucciones que se dieron fueron las siguientes:

#### Instrucciones

Coloca un poco de agua del grifo en un matraz Erlenmeyer y caliéntala hasta que hierva durante un par de minutos. Retira el matraz del calentamiento y coloca un globo en su boca. Deja que se enfríe un poco y luego mételo en un recipiente con hielo.

- Antes de realizar el experimento, responde lo siguiente: ¿qué va a suceder con el globo que tapa el matraz?, ¿por qué?
- Realiza el experimento y registra tus observaciones.
- ¿Coincidieron tus predicciones (ítem a) con lo que sucedió en el experimento (ítem b)?
- Explica a qué piensas que se debe el fenómeno observado en este experimento.



Figura 8. Alumnos analizando sus resultados experimentales durante la actividad «El globo en el matraz».

El 42 % de los estudiantes predijo que el globo se inflaría. En la tabla 4 se enlistan algunas de las predicciones que hicieron.



Figura 8. Maestros analizando sus resultados experimentales durante la actividad «El globo en el matraz».

Tabla 4. Predicciones y explicaciones de los estudiantes durante el experimento «El globo en el matraz»

¿Qué sucederá con el globo?
El vapor de agua buscará la forma de expandirse y se inflará el globo.
Cuando el globo esté en el matraz, con el agua caliente se inflará, y cuando se ponga hielo al matraz, se desinflará, porque las moléculas del gas se expandirán al aumentar la temperatura y se comprimirán cuando disminuya. ¿Son las moléculas las que se expanden o el gas?
Se inflará, porque cuando el agua se haga vapor se expandirá, pues las moléculas de gas tienen un mayor espacio intermolecular que el agua caliente.
Al disminuir la temperatura, el aire caliente en el matraz se contraerá, haciendo que el globo entre en el matraz, inflándose inversamente debido a una disminución de presión. <i>Se habla del aire y no del vapor. Explicaciones incompletas.</i>
Se inflará, puesto que al poner en contacto el matraz caliente con el hielo se liberará vapor de agua, lo que provocará que se infle un poco.
Al poner el globo cuando el agua esté caliente, se inflará un poco, pero cuando el matraz se introduzca en hielo, el globo se desinflará, porque la presión dentro del matraz será menor que la atmosférica, ya que el vapor de agua se condensará.

Ni los alumnos ni los profesores explican el fenómeno en términos de la condensación del vapor de agua y, por lo tanto, de la disminución del número de partículas en la fase gaseosa y la consiguiente disminución de presión. Sin embargo, los alumnos dan explicaciones más completas que los profesores de secundaria, probablemente porque han cursado un bachillerato y están estudiando una carrera científica. La formación de los profesores de secundaria no es necesariamente científica: la carrera normalista pone más énfasis en los aspectos pedagógicos que en las disciplinas.

Al conducir las sesiones de discusión para esta actividad, nos encontramos que los profesores con frecuencia atribuyen propiedades macroscópicas a las partículas, como el estado de agregación o la temperatura, ya que como argumentos a sus explicaciones dicen que las partículas «se condensan, se comprimen, se calientan o se expanden».

Varios alumnos y profesores dijeron que el globo entra al matraz porque «el vacío lo succiona». Esta es otra idea errónea que hay que erradicar, por lo que explicamos el fenómeno en tér-

Varios alumnos y profesores dijeron que el globo entra al matraz porque «el vacío lo succiona». Esta es otra idea errónea que hay que erradicar, por lo que explicamos el fenómeno en términos de la mayor presión que ejerce el mayor número de partículas por unidad de volumen fuera del matraz (aire) comparada con la que existe dentro de él después de que el vapor de agua se ha condensado debido al enfriamiento

minos de la mayor presión que ejerce el mayor número de partículas por unidad de volumen fuera del matraz (aire) comparada con la que existe dentro de él después de que el vapor de agua se ha condensado debido al enfriamiento.

Ambos grupos describen los estados de agregación correctamente. Sin embargo, es necesario constatar de alguna otra manera si lo que mencionan en su discurso es realmente lo que piensan, por ejemplo, mediante un dibujo, pues también encontramos que algunos dibujan las partículas que forman el vapor localizadas



en una zona específica del matraz, en vez de distribuir las de manera uniforme, como se puede ver en la fig. 9.

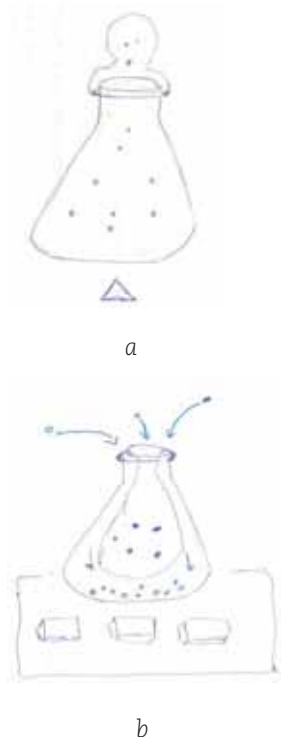


Figura 9. Esquema dibujado por un profesor de secundaria para explicar por qué se infla el globo al calentar el matraz (a) y por qué se mete en el matraz al enfriarlo (b).

### Comentarios finales

Definitivamente, los enfoques por indagación y POE son una excelente alternativa para diagnosticar lo que se sabe respecto a un tema, para fomentar la reflexión de contenidos conceptuales y procedimentales y para usar los trabajos prácticos como una herramienta valiosa en el aprendizaje de las ciencias naturales.

En nuestros cursos de actualización para profesores, tuvieron una gran aceptación, reconociéndose que bajo esta metodología de trabajo, aunque los alumnos son los protagonistas en su aprendizaje, el profesor continúa teniendo un papel fundamental como diseñador y guía en todo el proceso.

Nuestros alumnos de la Facultad de Química también se han mostrado interesados al realizar este tipo de actividades y la gran mayoría participa activamente. Iniciar nuestros cursos de química general con esta modalidad de trabajos prácticos y con experimentos que se realizan con materiales cotidianos les hace perder un poco el miedo a la química y expresar de manera más libre sus dudas y propuestas. Posteriormente, cuando trabajamos otros contenidos del curso, muchos ya se animan a preguntar y a experimentar con una mirada más crítica ante sus resultados.

### Referencias bibliográficas

- AMERICAN CHEMICAL SOCIETY (1998). *QuimCom: Química en la comunidad*. 2ª ed. Buenos Aires: Addison-Wesley Iberoamericana.
- CHAMPAGNE, A. B.; KLOPPER, L. E.; ANDERSON, J. H. (1980). «Factors influencing the learning of classical mechanics». *American Journal of Physics*, 48: 1074-1079.
- GUNSTONE, R. F.; GRAY, C. M. R.; SEARLE, P. (1992). «Some long-term effects of long-term uninformed conceptual change». *Science Education*, 76: 175-197.
- GUNSTONE, R. F.; WHITE, R. T. (1981). «Understanding of gravity». *Science Education*, 65: 291-299.
- HOFSTEIN, A.; NAVON, O.; KIPNIS, M.; MAMLOK-NAAMAN, R. (2005). «Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories». *Journal of Research of Science Teaching*, 42(7): 791-806.
- HOFSTEIN, A.; SHARE, R.; KIPIS, M. (2004). «Provided high school chemistry students with opportunities to develop learning skills in an inquiry-type laboratory: A case study». *Int. J. Sci. Educ.*, 26(1): 47-62.



**Norma Mónica López Villa**

es licenciada en química por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), egresada de la maestría en docencia para la educación media superior y profesora en la Facultad de Química de la UNAM desde 1992. Es coautora de varios libros de química para el nivel secundario y ponente en diversos cursos de actualización para profesores de ciencias de nivel básico y medio-superior. Su campo de interés es la didáctica de la ciencia: trabajos prácticos, evaluación de los aprendizajes y uso de analogías.  
C. e.: nmvilla@hotmail.com



**Gisela Hernández Millán**

es profesora titular a tiempo completo en la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Ha diseñado e impartido varios cursos para diplomados y maestrías en enseñanza de las ciencias. Es coautora de quince libros para diversos niveles educativos, así como de artículos en revistas arbitradas, y ha presentado más de cien trabajos en congresos nacionales e internacionales.  
C. e.: ghm@unam.mx