



RA XIMHAI ISSN-1665-0441

Volumen 10 Número 5 Edición Especial
Julio – Diciembre 2014

INCREMENTO DE PRESIÓN EN RECIPIENTE CON GLOBOS INFLADOS EN SU INTERIOR: LAS PREDICCIONES Y EXPLICACIONES ESTUDIANTILES

INCREASE PRESSURE IN CONTAINER WITH BALLOONS INSIDE: PREDICTIONS AND STUDENT EXPLANATIONS

Ladislao **Romero-Bojórquez**¹; Josip **Slisko**² y Alejandra **Utrilla-Quiroz**¹

¹Profesores de la Unidad Académica Preparatoria “Dr. Salvador Allende” y de la Facultad de Ciencias Químico Biológicas de la Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, Sinaloa, México. ²PITC de la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México. Responsable: Ladislao Romero Bojórquez. Calle Tomás Alva Edison #1008, Col. Melchor Ocampo CP 80230, Culiacán, Sinaloa, México. Tels. (667) 4556966 (casa) y (667) 1301402 (celular). Correo electrónico: ladislaorb@uas.edu.mx

RESUMEN

A partir de una estrategia didáctica de predecir–observar–explicar (POE) se exploran las ideas previas de los estudiantes para incidir en el cambio conceptual, como proceso de aprendizaje significativo. La población de estudio fueron 140 estudiantes, del 2° semestre de Tronco Común, de las carreras de QFB, IBQ e IQ, de la FCQB de la UAS. Se utilizó un cuestionario mixto de preguntas abiertas y de opción múltiple, justificando sus respuestas, con la opción de apoyarlas con dibujos. Los estudiantes respondían al tiempo que daban seguimiento a una demostración experimental. El cuestionario involucra actividades de conflicto cognitivo y metacognición, logrando hacer conscientes a los estudiantes de concepciones científicas erróneas, y adoptar actitudes que faciliten su comprensión, incidiendo en un cambio conceptual significativo en esta población de estudio.

Palabras clave: Ideas previas, cambio conceptual, aprendizaje significativo, conflicto cognitivo, metacognición.

SUMMARY

From a Predict, Observe, Explain (POE) strategy, students' existing ideas are explored to promote a conceptual change as a process of meaningful learning. The study population included 140 students from the 2nd common term of College, at the Faculty of Chemical and Biological Sciences of the Autonomous University of Sinaloa, Mexico. A mixed questionnaire with open-ended and multiple choice questions was used; asking students to justify their answers, with the alternative to support them with drawings. Students responded while attended an experimental demonstration. The questionnaire involves activities of metacognition and cognitive conflict, managing to make students aware of scientific misconceptions, and to adopt attitudes that facilitate their understanding, influencing a significant conceptual change in this study population.

Key words: Misconceptions, conceptual change, meaningful learning, cognitive conflict, metacognition.

INTRODUCCIÓN

Los esfuerzos que se realizan para mejorar el aprendizaje en los cursos universitarios se sustentan en actividades que fomentan contextos en los que los estudiantes aprendan de una manera más eficiente, centrando el proceso educativo en ellos y aprovechando los resultados de la investigación educativa sobre cómo se aprende en dichos contextos escolares. En relación al aprendizaje de temas relacionados con la física hay una amplia publicación de artículos científicos que abordan tanto las dificultades conceptuales que expresan de manera espontánea los estudiantes al aprender conceptos y fenómenos físicos, así como los diferentes enfoques didácticos (McDermott y Redish, 1999; Thacker, 2003; Romero, Slisko y Utrilla, 2013).

En esta investigación se muestran los resultados de una estrategia donde la intervención docente se realiza con la tendencia de reducir o eliminar el discurso del profesor, como único actor que proporciona la información y de esta manera sustituirlo por diversas actividades de los estudiantes, guiados por el profesor, como una estrategia general de mejorar la calidad de la educación universitaria. El objetivo es explorar las ideas previas e incidir en el cambio conceptual de los estudiantes en relación al fenómeno de la *variación del volumen de un gas confinado en un recipiente flexible (globos), en función de la presión externa, manteniendo la temperatura constante*¹. Para el logro de este objetivo se desarrolla una actividad experimental que sigue el esquema predecir-observar-explicar (POE) como forma

¹ El proceso implicado es lo suficientemente lento, por lo que la variación de la temperatura se considera despreciable.

posible de incidir en el cambio conceptual. En este esquema, también es posible desarrollar la *metacognición* (Gunstone y Northfield, 1994; citado en Campanario, 1999: 187). En dicha actividad se solicita a los estudiantes que formulen, en primer lugar, predicciones de lo que pasará con los globos al introducir aire en la botella, como se ilustra en la Figura 1. Es muy importante que los estudiantes expliciten los argumentos en los que se basan para sus predicciones y que éstos estén conscientes del papel de los conocimientos previos en la interpretación de los fenómenos. Enseguida se desarrolla la actividad experimental para que los estudiantes observen y contrasten el desarrollo de los resultados de la experiencia con sus predicciones, que en la mayoría de los casos difirieron. Al continuar con la actividad experimental, el profesor-investigador proporciona una explicación científica del fenómeno, lo que permite que los estudiantes la contrasten con sus explicaciones de lo observado, en cuyo caso, ahora difieren con una frecuencia menor que entre la predicción y lo observado (los Gráficos 1 y 2 dan cuenta de esta tendencia). Como una variante del esquema original, se les solicitó a los estudiantes explicar sus predicciones y explicar lo observado, así como entregar en cada momento las respuestas, a fin de evitar la posibilidad de corrección de sus explicaciones y conservar la evidencia de sus ideas previas. Por último, los estudiantes deben explicar adecuadamente el fenómeno observado, explicitándolo por escrito, para evidenciar el cambio conceptual, o bien, la permanencia de las ideas previas. En cada ocasión que se contrastan estas ideas de los estudiantes, ya sea de sus predicciones con lo observado, o bien las explicaciones de lo observado con la explicación científica, y se tienen diferencias, se genera la ocasión de conflicto cognitivo entre ambas concepciones, lo que lleva a analizar de nuevo el fenómeno y emitir nuevas explicaciones. Es importante tomar en cuenta los factores afectivos para que las estrategias de cambio conceptual sean efectivas. Dreyfus, Jungwirth y Eliovith (citados en Campanario, 1999: 185), “han comprobado que las condiciones de conflicto cognitivo son bien recibidas por los alumnos más brillantes, mientras los alumnos con dificultades de aprendizaje pueden llegar a desarrollar actitudes negativas y a dar muestras de ansiedad ante tales situaciones.” El carácter metacognitivo que tiene este tipo de actividades, según Gunstone y Northfield, citados anteriormente, ayudan a los estudiantes a ser conscientes de su propio aprendizaje, siempre y cuando se desarrollen adecuadamente. Si los estudiantes reconocen que los conocimientos previos los guiarán en la observación ya es un objetivo por sí mismo y lo es más si además contribuye a que reconozcan cuándo sus concepciones sobre contenidos científicos no son correctas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó durante el transcurso del 2° semestre del Tronco Común, de los programas educativos de las licenciaturas en Químico Farmacéutico Biólogo (QFB), Ingeniería Bioquímica (IBQ) e Ingeniería Química (IQ), comprendido

de enero a mayo de 2014, en la Facultad de Ciencias Químico Biológicas (FCQB), de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS). Dicho Tronco Común, comprende los primeros dos semestres de las carreras en mención, ya que a partir del tercer semestre, los estudiantes deciden en qué carrera continuarán. En este sentido, en los años recientes las preferencias de elección han sido de un 65% en QFB, 20% en IBQ y 15% en IQ, aproximadamente. De esto se infiere que la mayoría de los estudiantes que participaron en esta población de estudio son aspirantes a ingresar a la carrera de QFB.

Cuadro 1.- Distribución por género y edades de la población de estudio

Total	Género		Edad en años cumplidos				
	Femenino	Masculino	18	19	20	21	22
140	77	63	67	44	17	9	3

La población de estudio por género y edad se detalla en el siguiente Cuadro 1.

En las investigaciones realizadas sobre didáctica de las ciencias se han empleado diversas metodologías. En ellas encontramos una característica común: la obtención de información a través de datos denominados de un primer nivel del pensamiento. Este término debe quedar entendido como la información que produce de primera intención un sujeto ante un estímulo, sea este fortuito, por ejemplo, un comentario acerca de un fenómeno como la lluvia, la marea, el eclipse, etc., o bien, programado mediante un cuestionario oral o escrito, y eventualmente con la justificación de la respuesta, preparado para una situación experimental, sin la intervención con un agente que le haga repensar sus justificaciones que expresan espontánea y voluntariamente a manera de comentarios, respuestas y explicaciones (Gutiérrez, 2001). Esta es la naturaleza del método que siguió esta investigación.

Con el fin de recolectar los datos se diseñó un instrumento que consiste en un cuestionario mixto, con preguntas abiertas, de opción múltiple y con justificación de respuesta, además de contar con la alternativa de realizar un dibujo para apoyar gráficamente sus respuestas, el cual el estudiante debe contestar a partir de una secuencia experimental que se lleva a cabo en tres etapas. El cuestionario consiste de tres partes, una por cada etapa de la secuencia experimental. Cada parte del cuestionario, a su vez, consta de una hoja, en la que cada estudiante escribe su nombre, para la organización de la información.

Para recabar la información, en una primera etapa se les presenta una botella de 2.5 L, de PET transparente, a la cual se le coloca la tapa con una adaptación de una válvula de neumático de automóvil. En ella se han introducido tres globos parcialmente llenos de aire, aproximadamente del mismo diámetro de la botella;

la botella se muestra sin la tapa y se cierra en presencia de los estudiantes. Esto permite evidenciar que la presión inicial dentro de la botella es la presión atmosférica (Figura 1). Se proporciona la primera parte del cuestionario, donde deben predecir lo que sucede con los globos al introducir aire a la botella. Para ello, escriben una descripción, explican y elaboran dibujos para apoyar su predicción. El tiempo para concluir esta etapa es de 10 minutos. Después de contestar esta primera parte, se les retira para que no tengan oportunidad de modificar respuestas.

En una segunda etapa, los estudiantes observan cuando se introduce aire a la botella, utilizando el compresor manual (Figura 2). Aquí contestan una segunda parte del cuestionario, se responde a lo mismo que en la primera parte, pero ahora de lo que observaron, y además se compara con sus predicciones. Ya que contestan, se les retira la hoja del cuestionario, para evitar que modifiquen respuestas con la explicación científica que da el profesor–investigador. También disponen de 10 minutos para contestar esta parte del cuestionario.

En la tercera etapa, el profesor–tutor retoma las experiencias de predicción y observación explicitando las teorías que permiten explicar adecuadamente las observaciones realizadas durante las experiencias. En este momento los estudiantes interactúan con los materiales y pueden intercambiar opiniones. Cuando responden esta tercera parte del cuestionario, lo hacen de manera individual, pero en esta ocasión dando la respuesta convencionalmente aceptada por la ciencia, e igualmente pueden opinar sobre semejanzas y diferencias de las respuestas anteriores. El tiempo destinado para esta parte de la actividad es de 15 minutos.

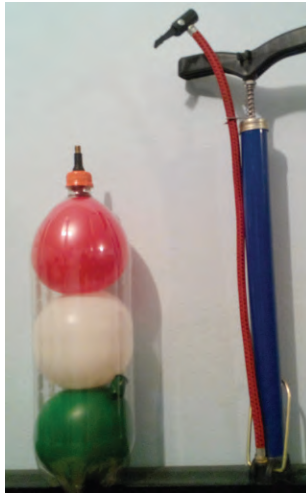


Figura 1.- Condición inicial de la botella, con los globos en su interior y compresor manual que se utilizará para introducirle aire a la misma.



Figura 2.- Condición final de la botella, con los globos en su interior. Se hace notar la disminución de volumen en los globos, al introducirle aire a la botella.

La sistematización para el análisis de la información consiste en identificar, en el discurso o dibujos de los estudiantes, los enunciados o representaciones gráficas correspondientes a sus respuestas, y cómo las van cambiando, de ser necesario hasta el arribo de concepciones científicas, o bien, identificar los casos donde prevalecen las ideas previas. Eventualmente se aplicaron entrevistas informales que fueron de mucha ayuda para el procesamiento de la información.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las respuestas en la etapa predictiva, por lo regular son producto de las ideas previas de los estudiantes, y se caracterizan casi siempre por ser científicamente incorrectas, lo cual representa un espacio de oportunidad para la investigación en enseñanza de la ciencia y el desarrollo de estrategias didácticas del tipo que se expone en este trabajo de investigación. Aunque estas ideas espontáneas son construcciones personales, es común encontrar más semejanzas que diferencias entre ellas. Pintó, Aliberas y Gómez, citados en Campanario (2000: 156), se han referido a ellas como esquemas comunes, y las han reportado presentes en estudiantes de países y sistemas educativos distintos.

Para hacer una clasificación de las respuestas obtenidas en esta etapa se optó por agruparlas en lo que los autores citados en el párrafo anterior llaman esquemas comunes. Así, en las respuestas del 85% de los estudiantes, encontramos que predijeron una reducción del volumen de los globos, ya que al introducir aire a la botella se incrementaba la presión externa de los mismos, en el interior de la botella (Figura 2), lo cual es correcto. Sin embargo, sostenían que este incremento en la presión actúa de diferente manera. Por ejemplo, hubo estudiantes que sostenían que los globos explotan debido a la presión que actúa en su superficie externa (GLOBOS EXPLOTAN), y otros, debido a la presión externa sobre los globos que actúa verticalmente de arriba hacia abajo (GLOBOS EXPLOTAN/P. VERTICAL). También hubo estudiantes que respondieron que los globos quedarían suspendidos en el aire, ver Figura 6 (GLOBOS SUSPENDIDOS). Hubo respuestas que dieron origen a definir otro esquema común, como los estudiantes que predijeron que la botella se infla al introducirle aire (SE INFLA LA BOTELLA)². También, las que se consideran respuestas aceptables (EXPLICACIÓN ACEPTABLE). Un ejemplo de respuesta aceptable, que no necesariamente significa explicación científica, pero maneja nociones que se acercan a la misma, la podemos ver en lo que describe y explica el estudiante que se apoya del dibujo de la Figura 7. Los estudiantes que no dieron respuesta, ya sea porque dejaron la pregunta sin responder, o por declarar que no saben que responder se identifican como NO DEFINEN. Así, se definieron los esquemas comunes que se indican en la Figura 3.

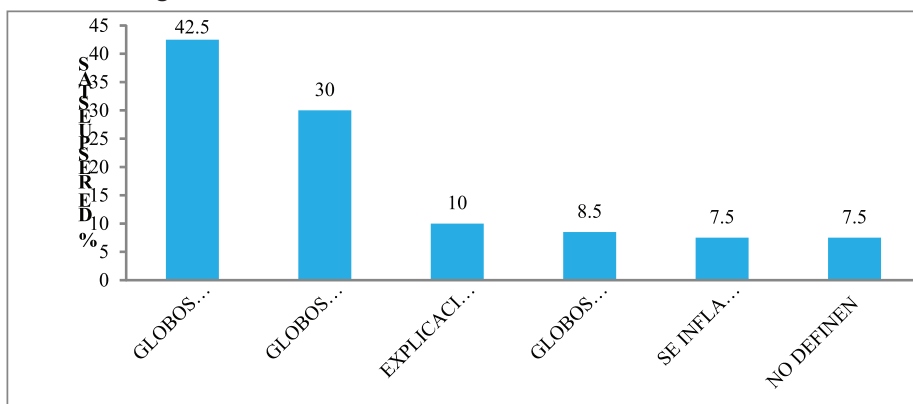


Figura 3.- Esquemas comunes expresados por los estudiantes en la predicción. La suma de los porcentajes rebasa el 100%, porque hay respuestas que se ubican

²Rigurosamente la botella si aumenta su volumen al incrementar la presión en su interior. Sin embargo, en las entrevistas se percibe que hacían referencia a un incremento significativamente notorio. No es incorrecta esta predicción, pero si deja ver la falta de experiencias prácticas con materiales y sustancias en ambientes de aprendizaje controlados. Esto da pie al diseño de una demostración en este sentido, lo que está fuera del alcance de este estudio.

en más de un esquema común.

Es necesario mencionar que hubo estudiantes que compartían dos o más esquemas comunes. Esto ocasiona que las frecuencias reportadas en la Figura 3 sumen más del 100%. Por ejemplo, en la Figura 4, el estudiante representa un incremento en el tamaño de la botella, aunque no lo explicita en su explicación. Sin embargo, cuando se le entrevistó reconoce: yo pensaba que la botella se iba a inflar, hasta explotar, pero no lo escribí porque lo dudaba. Lo que si escribí fue que la botella explotaría. En cuanto a los globos suspendidos en el interior de la botella, es una predicción que sostuvo en la entrevista, y también lo hicieron un significativo número de estudiantes, como se ilustra en la Figura 3.

A continuación se cita la respuesta predictiva del estudiante anteriormente citado:

Descripción: *Al añadirle aire los globos explotarán en cierto tiempo.*

Explicación: *Tiene que ver mucho la presión de los cuerpos, tanto de los globos como los de la botella, al incrementar la presión adentro de la botella va a haber una mayor presión en la botella que en los globos, por lo que los globos tendrán una presión muy alta que soportar y explotarán. La botella tardará más en explotar debido a su dureza y flexibilidad.*

Este estudiante apoyó su predicción con estos dibujos:

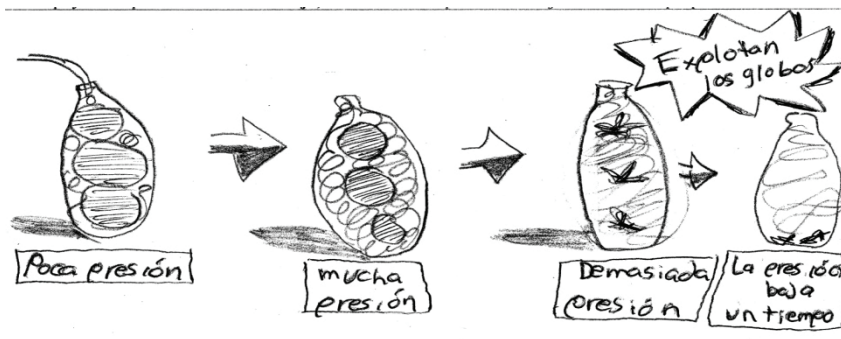


Figura 4.- Ejemplo que ilustra que al introducir aire a la botella, los globos disminuyen de volumen, hay un incremento en el volumen de la botella (y los globos flotan), y finalmente los globos explotan.

En las entrevistas a estudiantes que en sus dibujos representaron a los globos suspendidos en el interior de la botella, algunos declararon que fue un factor al que

no le dieron importancia, sólo representaron el de la disminución de volumen de los globos, que produce el introducir aire a la misma. Es decir, sólo representaron la disminución de tamaño sin percatarse que al dibujarlos en esa posición omitían el efecto de la fuerza gravitatoria. En estos estudiantes, se descartó esta representación como esquema común. Sin embargo, esta representación no deja de ser un área de oportunidad para la investigación en didáctica de la ciencia, respecto a las concepciones que tienen los estudiantes en relación a la presión atmosférica y fuerza de gravedad ejercidas sobre los cuerpos cuando se modifica una o dos de estas variables. Esto último está fuera del alcance de este estudio. Sin embargo, hubo alumnos que sostuvieron que pensaban que los globos iban a flotar, refiriéndose a que quedarían suspendidos en el aire, en el interior de la botella, reportados en la Figura 3.

A continuación se muestra un ejemplo de cómo los estudiantes representan, en sus dibujos, la disminución del volumen de los globos debido a una presión vertical, dirigida hacia abajo, y lo que explicitan en la predicción:

Descripción: *Al empezar a aplicar aire a presión, los globos que están en el interior se reducirán en función de la presión aplicada, si la presión interna sobrepasa la resistencia de los globos éstos explotarán.*

Explicación: *El tamaño de los globos se reducirá cuando la presión interna de la botella sobrepase la presión interna de ellos mismos. Explotarán si la presión sobrepasa la resistencia del látex de los globos.*

Este estudiante apoyó su predicción con estos dibujos:

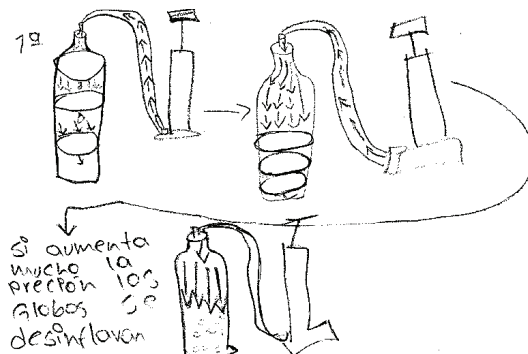


Figura 5.- Estos dibujos muestran claramente la representación de la presión que actúa verticalmente sobre los globos.

Otra evidencia que marca la imperiosa necesidad de la entrevista está relacionada con los conceptos que los estudiantes manejan de manera indistinta. Por ejemplo, en la Figura 5, el estudiante escribe que los globos se desinflarán, mientras que en la explicación este mismo efecto se describe como que Explotarán. En este caso, la entrevista sirvió para aclarar que se refiere a que Explotarán.

A continuación se presenta un ejemplo de la respuesta de un alumno que lo ubica en el esquema común de los que predijeron que la botella se infla al introducirle aire:

Descripción: Al introducir el aire, dependiendo de la frecuencia con que lo haga, causará que el envase se infle a un grado que pueda reventarse. Supongo que a los globos inflados no les pasará mucho ya que no se les introduce aire, la reacción sólo sería para el envase.

Explicación: Yo creo que eso sucederá porque se le está agregando aire al envase no a los globos, aunque los globos pudieran tener una reacción secundaria, porque forman parte del diámetro y volumen del envase.

Este estudiante apoyó su predicción con estos dibujos:

Este estudiante predijo efectos sobre la botella, y no sobre los globos. Si bien es cierto, hay un incremento en el volumen de la botella, como se menciona anteriormente, el cual no se percibe tan fácilmente, y también es cierto el hecho de que un incremento excesivo en la presión interna de la botella hará que ésta explote, lo que llama más la atención es la idea previa de que en estas condiciones a los globos inflados no les pasará mucho ya que no se les introduce aire, la reacción sólo sería para el envase (Figura 6).

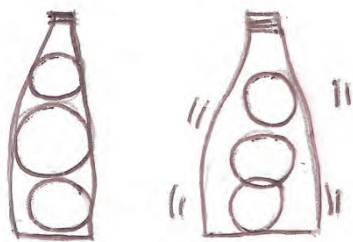


Figura 6.- En este dibujo la predicción del estudiante es que la botella se inflará cuando se le introduzca aire. A los globos no les pasará mucho.

A continuación se cita un ejemplo que se refiere a las predicciones que dieron una respuesta aceptable. Estas respuestas, como es de esperarse, no las hicieron rigurosamente bajo una concepción científica, pero si muestra una aproximación a la misma. La predicción que explicita este estudiante dista mucho de estar clara en su redacción, sin embargo, es un buen ejemplo de lo importante que son los dibujos que hacen cuando explican un fenómeno:

Descripción: Al echar aire, los globos se irán comprimiendo, por la presión del aire.

Explicación: Porque al momento de echar aire, el poco espacio que le queda a la botella lo ocupará el aire, y al seguir echando el aire buscará más espacio y aplastará las bombas³ con la presión del aire.

Esta explicación la apoyó con el siguiente dibujo (Figura 7):

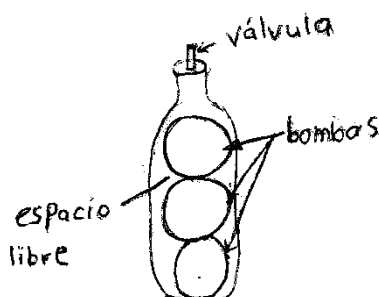


Figura 7.- En este dibujo el estudiante delimita claramente los globos del resto del espacio en el interior de la botella.

En la entrevista salió a relucir que el término aplastará se refiere a una disminución del volumen de los globos.

Las respuestas correspondientes a la observación arrojaron un cambio significativo. Ahora todos los estudiantes contestaron, y se logró agruparlas en los esquemas comunes que se ilustran en la Figura 8.

³En un lenguaje cotidiano, se refieren a los "globos" como "bombas".

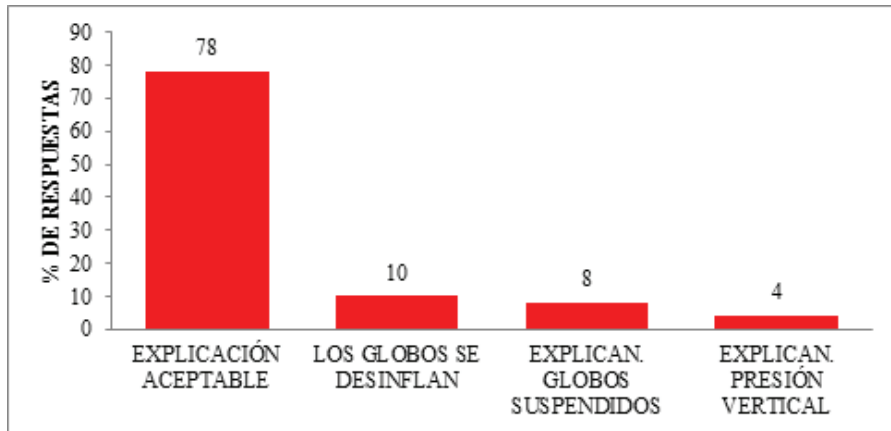


Figura 8.- Esquemas comunes declarados por los estudiantes en la observación.

Como se muestra en la Figura 8 se incrementa significativamente el número de estudiantes que responden aceptablemente. Esto denota claramente la importancia de la etapa de observación del enfoque predecir–observar–explicar. Sin embargo, por un lado permanecen respuestas que sostienen que los globos se mantienen suspendidos en el interior de la botella, y por otro lado, de la acción vertical de la presión. En ambos casos estas respuestas las representaban en los dibujos que apoyan sus explicaciones. Para el primer caso, ¿cómo es posible que elaboraran dibujos representando los globos suspendidos en el interior de la botella, si lo que vieron fue que estos reducían su volumen por efecto de un incremento en su presión externa, y por efecto de la fuerza de gravedad quedaban en el fondo de la botella? La experiencia docente, sin duda, puede citar muchos ejemplos que arrojen esta actitud de parte de los estudiantes (y profesores). Es decir, al estar aprendiendo lo relacionado con un concepto, se le da menor importancia a los demás conceptos, aunque estén presentes. Para la situación aquí tratada, el concepto implicado es el de la reducción de volumen de los globos sometidos a un incremento en la presión externa, y no lo relacionado a la acción de la gravedad sobre dichos cuerpos. En este sentido, este tipo de respuesta se clasifica como un esquema común de aquellos estudiantes que explican la experiencia a un nivel aceptable, pero la distorsionan con representaciones gráficas que ilustran esta actitud (EXPLICAN. GLOBOS SUSPENDIDOS). Por ejemplo, a continuación se presenta la respuesta de esta etapa (observación), del mismo estudiante que se apoyó con los dibujos de la Figura 4:

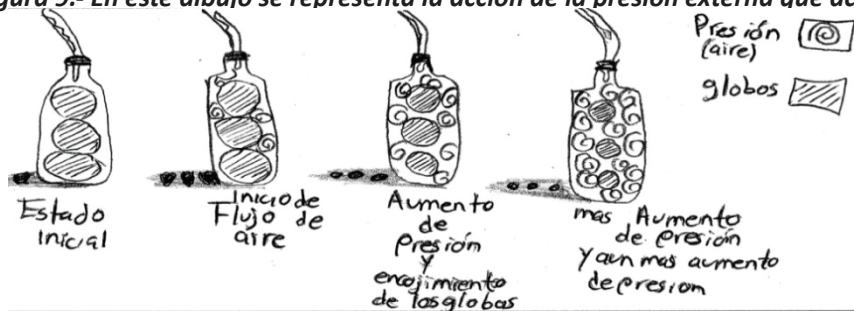
Descripción: Al aplicarle el aire, los globos se redujeron en tamaño debido a la presión de la botella.

Explicación: La presión aumentó debido al constante flujo de aire, lo que hizo que

los globos cedieran a la presión y redujeran su tamaño.

Esta explicación la apoyó con el siguiente dibujo:

Figura 9.- En este dibujo se representa la acción de la presión externa que actúa



sobre los globos reduciendo su volumen. Sin embargo, se sigue representando a los globos suspendidos en el interior de la botella.

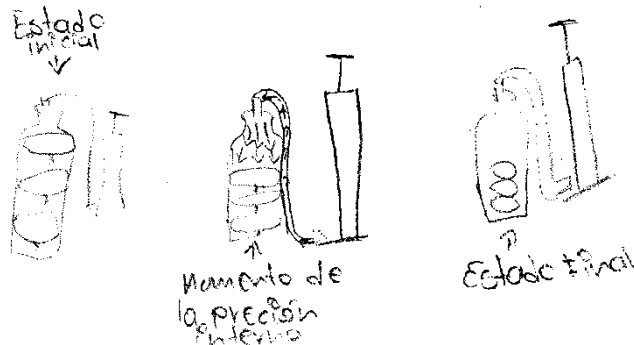
En el segundo caso, los estudiantes explican la reducción de volumen de los globos de la experiencia observada, sin embargo, con sus dibujos sostenían que la acción de la presión es vertical, dirigida hacia abajo (EXPLICAN. PRESIÓN VERTICAL), indicados en la Figura 8. A continuación citamos un ejemplo:

Descripción: Se hicieron más pequeños y se fueron a la parte baja de la botella.

Explicación: La presión del interior de la botella sobrepasó la de los globos, por lo tanto los globos redujeron su tamaño, pero no sobrepasó la resistencia del látex, por eso no se reventaron.

Esta explicación la apoyó con el siguiente dibujo:

Figura 10.- En esta figura, el dibujo central, representa la acción vertical de la



presión del aire, pero al final se representan los globos de forma esférica.

Este ejemplo es la continuación de lo que contestó el estudiante que se apoyó con los dibujos de la Figura 5. Para él, esta estrategia no ha logrado modificar sus ideas previas de que los globos llegarán a explotar, con una presión mayor, pero si ha incidido en la concepción de la forma en que actúa la presión del aire sobre la superficie externa de los globos. La Figura 10 muestra como este estudiante representa la presión del aire que entra a la botella actuando de manera vertical, hacia abajo, pero finalmente dibuja los globos con menor volumen y de forma esférica. Pues bien, igual que en otros momentos del desarrollo de esta investigación, este asunto de la concepción de cómo actúa la presión del aire en esta experiencia y que los globos explotarían ante una presión lo suficientemente mayor nos lleva a diseñar otras actividades que puedan contrastar estas ideas previas, y están fuera del alcance de este reporte.

Algo muy importante en esta etapa es que las respuestas de los estudiantes dieron origen a otra idea previa. Esta la podemos identificar en frases como ésta: al introducir aire a la botella, la reducción de volumen de los globos, se debe a que se les sale el aire. En este sentido lo explicitaron un considerable número de estudiantes, y se generó otro esquema común (LOS GLOBOS SE DESINFLAN), el cual se representa en la Figura 8. Como ejemplo, se cita un estudiante que así lo expresó:

Descripción: Cambiaron su tamaño al introducir el aire, se hicieron más pequeños.

Explicación: Como los globos ya tenían aire y al introducir más aire, los globos se desinflan, se hacen más pequeños, se les sale el aire.

Esta explicación la apoyó con el siguiente dibujo:

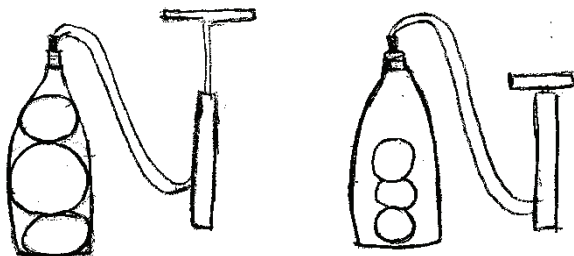


Figura 11.- Este dibujo expresa muy bien que al introducirle aire a la botella, los globos disminuyen su volumen, pero el estudiante argumentó que éstos disminuyen su volumen porque se desinflaron (se les sale el aire) debido al aire que se introdujo a la botella.

A continuación se cita un ejemplo de una respuesta considerada aceptable (EXPLICACIÓN ACEPTABLE), que está incluida en la Figura 8:

Descripción: *Solamente se encogieron por la presión.*

Explicación: *Se encogieron por la presión que se le aplicó a la botella.*

Esta explicación la apoyó con el siguiente dibujo:

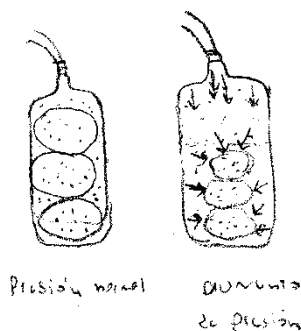


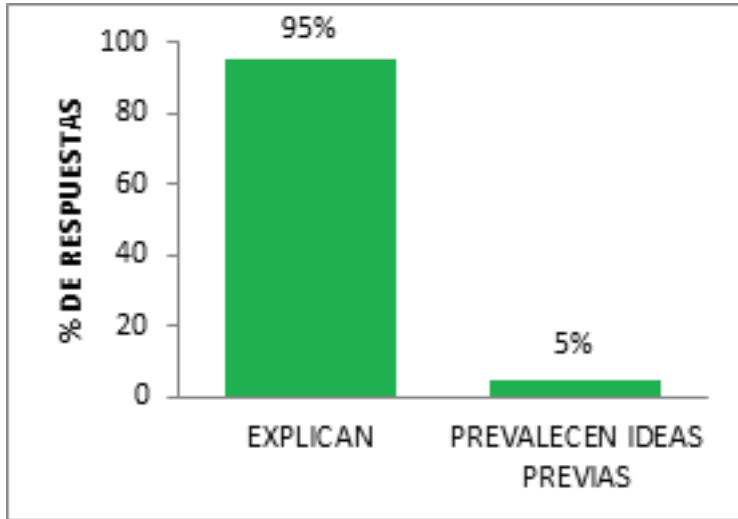
Figura 12.- Este dibujo representa la entrada de aire a la botella y el efecto en los globos que están en su interior.

El estudiante que representa la experiencia observada, indicada en la Figura 12, es una clara evidencia de lo importante que es en la enseñanza de las ciencias, los dibujos que elaboran. Con ellos pueden complementar lo que por escrito se les dificulta, como es este caso.

Para la explicación, se logró que alrededor del 95% de los estudiantes pudieran

explicar el fenómeno acercándose a la representación científica del mismo. En el otro 5% prevalecían ideas previas.

Figura 13.- Las respuestas de los estudiantes en la etapa de explicación.



Como puede apreciarse, en las Figuras 3, 8 y 13, se nota una disminución en el número de esquemas comunes que arrojan las respuestas de los estudiantes. Esto está asociado al conflicto cognitivo que se generó en la mente de los estudiantes entre las ideas previas utilizadas para argumentar el fenómeno aquí tratado ya sea cuando contrasta su predicción con lo observado, o bien, cuando la contrastación la hace entre su explicación de lo observado y la explicación científica. Es así como se evidencia el cambio conceptual.

Las explicaciones que los estudiantes explicitan en esta etapa se ven representadas por el dibujo que se ilustra en la Figura 12, y algunas expresiones como las siguientes:

- La presión interna de la botella sobrepasa a la presión atmosférica, por lo tanto el tamaño de los globos se reduce conforme aumenta la presión.
- Al introducir aire a la botella, incrementa la presión en el interior de la botella, y los globos disminuyen su volumen.
- Como se está ejerciendo una presión distinta y mayor a la del interior del globo, éste disminuye su tamaño y así están en equilibrio con la nueva presión.
- El globo se comprime debido a la presión que se está ejerciendo dentro de la botella al introducirle aire.
- Cuando entra el aire a la botella, la presión en ésta se incrementa. Este

incremento hace que el volumen de los globos, que están adentro de la botella, disminuya.

A continuación se presenta un ejemplo donde persiste la idea previa del estudiante:

Explicación: *Actúan las distintas presiones, la atmosférica, la tensión del globo, la interna del globo y la que aumenta al aplicarle aire a la botella, por ello la masa del globo disminuye.*

Esta explicación la apoyó con el siguiente dibujo (Figura 14):

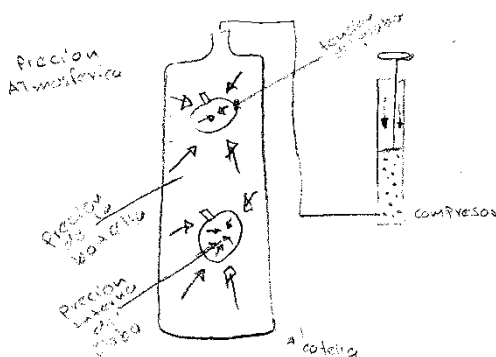


Figura 14.- En este dibujo el alumno representa la disminución de tamaño de los globos, permaneciendo en él la idea previa de que dicha disminución es porque la masa del globo disminuye.

A manera de conclusiones de la investigación realizada utilizando esta estrategia didáctica, se puede decir que se logró detectar las ideas previas que dificultan el aprendizaje en torno a la “variación del volumen de un gas confinado en un recipiente flexible (globos), en función de la presión externa, manteniendo la temperatura constante”. Además, se cumplió el objetivo al incidir significativamente en el cambio conceptual, como se representa en la Figura 13. Esta relación entre la presión y el volumen de una masa determinada de gas, manteniendo la temperatura constante se conoce fisicoquímicamente como la Ley de Boyle, la cual puede expresarse como: La presión de una cantidad fija de gas varía inversamente con el volumen cuando se mantiene a temperatura constante. (Keith, Laidler y Meiser, 2009, 10). Ya se precisó anteriormente que la variación de la temperatura que pudo haber durante la compresión del aire es insignificante en comparación con el incremento de la

presión. De igual manera, se puede despreciar la salida del aire⁴ de los globos, ya que el lapso en que se verifica la experiencia no da tiempo para eso.

Al considerar lo del párrafo anterior y después de analizar la información obtenida de las respuestas de los estudiantes, también se puede concluir que a pesar de que los estudiantes ya habían cursado durante el primer semestre de su carrera una asignatura que contemplan en sus contenidos la leyes empíricas de los gases, entre ellas la Ley de Boyle, ninguno hizo mención a ella para explicar los cambios que se llevaron a cabo. Esto lleva a reflexionar en torno a que se han enseñado las leyes naturales, como modelos que rigen la naturaleza, y que en la mayoría de los casos permanecen desconectados de la realidad, y no como modelos que surgen de la misma naturaleza y que ayudan a comprenderla. Entonces este trabajo arroja clara evidencia de que la intervención didáctica debe acudir primero a la manifestación concreta de los fenómenos de la naturaleza, y a partir de ahí deducir las leyes y modelos matemáticos que ayuden a comprenderla.

Por otro lado, una de las mayores dificultades en el análisis de la información recabada mediante este procedimiento se relaciona con los niveles de descripción y de explicación con el que se desarrollaron los estudiantes. Los ejemplos aquí citados muestran a lo largo de toda la actividad la falta de dicha competencia, ya que en el discurso escrito, al momento de las descripciones no hacían las narraciones de los cambios que predecían, o bien observaban, y lo mismo sucedió con la explicación científica. En lo general, sólo se limitaban a mencionar el resultado, sin hacer mención al proceso, en la interacción de los materiales utilizados. La falta de dicha competencia también se hizo notar en sus explicaciones, ya que no se deja ver un discurso argumentativo, de tal manera que resultaría difícil evaluar los logros en el cambio conceptual acudiendo sólo a lo que escriben. Para esto fueron de mucha utilidad los dibujos con los que apoyaron sus respuestas, aunque también en la mayoría de ellos se ve una falta de dominio estético y dimensional en la representación de los trazos y materiales que dibujaron. Este tipo de actividades representa una oportunidad para que los estudiantes ejerciten la argumentación en la comunicación escrita, muy importante en el aprendizaje de la ciencia, en la que la intervención didáctica del profesor tiene mucha participación. O bien, promover entre los docentes el trabajo colegiado que integre los esfuerzos en diferentes asignaturas para el logro de dicho objetivo.

En la actividad de los estudiantes es donde se debe poner el énfasis. Son tres etapas diferenciadas, pero íntimamente relacionadas, en las que se movilizan las ideas previas de los sujetos: predecir—observar—explicar. Estrategias didácticas con

⁴Para no incurrir en un error conceptual, se aclara que el aire es una mezcla de sustancias gaseosas, Oxígeno (O₂) y Nitrógeno (N₂), principalmente, pero para efectos prácticos se considera como “sistema gaseoso”.

este enfoque, si bien no son novedosas, distan mucho de ser un común denominador en la enseñanza de la ciencia en los niveles de educación media básica (Educación secundaria), y media superior (Bachillerato). Por lo menos, así se dejó notar en la población de estudio del presente trabajo. O bien, las prácticas didácticas no han logrado incidir en la consciencia de los estudiantes. Baker (citado por Campanario, 1999, 180) sostiene que si los estudiantes “no son conscientes de que mantienen concepciones erróneas sobre los contenidos científicos, es difícil que tomen alguna postura para clarificar su comprensión”. Las actividades predecir–observar–explicar no motivan al alumno per se. Estas pueden ocasionar que se establezca una lucha interna en la mente de los estudiantes entre las ideas previas y el conocimiento científico. En este sentido, dichas actividades no deben ser sólo demostrativas, en las que se muestre un fenómeno curioso o llamativo, sino que pongan en movimiento físico y mental a los estudiantes. Así, al ser ellos mismos protagonistas activos en la reproducción de los fenómenos a predecir, podemos acercarnos a que se hagan más conscientes de que la ciencia muchas veces es contraintuitiva, por lo que el aprendizaje requiere en la mayoría de las ocasiones cierto esfuerzo de abstracción.

Por otro lado, Smith, Blakeslee y Anderson, citados por Campanario (1999, 185), reportan que entre “los investigadores en enseñanza de las ciencias existe la percepción de que para que las estrategias de cambio conceptual tengan algún efecto importante..., sería necesaria, en primer lugar, una orientación común en varias asignaturas de ciencias y una cierta persistencia temporal en cada una de ellas.” El aprendizaje de un conocimiento científico no se da tan sólo acumulando nuevos saberes, es prioritario considerar la relación entre los conocimientos científicos que habrán de adquirirse, las representaciones implícitas iniciales, así como las estrategias de aprendizaje y los materiales que han de utilizarse. Tampoco basta con poner en contacto los materiales físicos y el sujeto aprendiz, sino que hay que atender su intelectualidad, en tanto que es productor de modelos de representación, que en la mayoría de los casos son inacabados, pero resultan ser la herramienta principal en la construcción de futuros profesionistas y científicos.

Buena parte de nuestras representaciones nacen de una física intuitiva, atendida por percepciones sensoriales. Así, lo que no podemos ver, ni tocar, no lo podemos representar fácilmente en nuestras explicaciones científicas. De ahí que la enseñanza de la ciencia debe abocarse al mayor número de experiencias de aprendizaje incorporando objetos materiales. Es en estos objetos donde podemos empezar a hacer las abstracciones. Lo empírico no ha de sustituir lo teórico, sino más bien construirlo y reconstruirlo. No hay que olvidar que el mundo teórico está constituido por modelos que nos ayudan a comprender y a actuar sobre los cuerpos materiales.

El aprendizaje de la ciencia en general, y de la física en particular, ha de tener

su mayor éxito colocando al aprendiz de frente al objeto de estudio, interactuar con él, sometiéndolo a cambios y poder escudriñar entre sus partes. No se trata de un empirismo a ultranza, sino más bien, el conocimiento teórico en constante interactuar con el mundo físico. Es en esta medida en la que podemos lograr de manera más eficiente el cambio conceptual que nos acerque más a una cultura de aprendizaje científico.

Una estrategia didáctica exitosa es aquella que genera más dudas que respuestas. Es como ir siguiendo la beta en una mina de oro.

LITERATURA CITADA

- Campanario, J. M. y Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*. Volumen 17, Número 2, pp. 179–192.
- Campanario, J. M. y Moya, A. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*. Volumen 18, Número 2, pp. 155–169.
- Gutiérrez, R. (2001). *Coherencia del pensamiento espontáneo y causalidad. El caso de la dinámica elemental*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense. Madrid. Editado en CD-ROM: Servicio de publicaciones de la Universidad Complutense de Madrid (ISBN: 84-669-0303-8). Madrid.
- Laidler, K. J. y Meiser J. H. (2009). *Fisicoquímica*. Grupo Editorial Patria. México.
- McDermott, L. C. y Redish, E. F. (1999). Resource Letter: PER-1: Physics Education Research. *American Journal of Physics*. Volumen 67, Número 9, pp. 755–767.
- Romero, B. L., Slisko, I. J. y Utrilla, Q. A. (2013). Inflando globos en botellas: modelos explicativos de estudiantes de primaria, secundaria y bachillerato. *Ra Ximhai*, num. Septiembre-Diciembre, pp. 225-234.
- Thacker, B. A. (2003). Recent advances in classroom physics. *Reports on progress in physics*. Volumen 66, Número 10, pp. 1833–1864.

Síntesis curricular

Ladislao Romero Bojórquez

Licenciatura en Ingeniería Química, en la FCQB de la UAS, en 1991. Maestría en desarrollo humano con orientación pedagógica, en la ENS, en 2008. Maestría en enseñanza de las ciencias, en la UAS, en 2012. Profesor de Física, Química y Matemáticas, en UA Preparatoria “Dr. Salvador Allende” de la UAS, desde 1994. Profesor de Física y Fisicoquímica en la FCQB de la UAS, desde 2002.

Josip Slisko

PITC de la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la BUAP. Miembro de SNI. Autor de los libros de Física de bachillerato de editorial PEARSON.

Alejandra Utrilla Quiroz

Licenciatura en Ingeniería Bioquímica, en la FCQB de la UAS, en 1993. Licenciatura en Educación Primaria, en la ENS, en 2000. Maestría en desarrollo humano con orientación pedagógica, en la ENS, en 2008. Profra. de Biología, en UA Preparatoria “Dr. Salvador Allende” de la UAS, desde 2003. Profra. en área de Ciencias Sociales y Humanidades en la FCQB de la UAS, desde 2010. Integrante de Academia Estatal de Biología, en DGEP de la UAS, desde 2013.